



EDUMEDIA

JURNAL KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Pengembangan *E-Modul IPA* Berbasis Potensi Lokal Perkebunan Kahyangan Jember Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP
(**Umi Zahrotul Farhani, Ulin Nuha, Rusdianto**)

Peningkatan Hasil Belajar Materi Pernapasan Melalui Model PBL Kelas VI SD Negeri Sumurgung 1 Tuban
(**Try Bulan Septia Rahmawati, Wendri Wiratsiwi**)

Autism Spectrum Disorder (ASD) Topic Trends: Bibliometric Analysis Using Biblioshiny
(**Gusti Fawwaz Setyo, Afandi, Eko Sri Wahyuni**)

Keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan, Madura
(**Andriansyah, Ahmad Fathir**)

Evaluasi Karakteristik Sensori dan Aktivitas Antioksidan Kombucha Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) Berdasarkan Lama Fermentasi
(**Wahyu Sukma Sejati, Sriwulan, Nia Nurfitria**)

Uji Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Gayam (*Inocarpus fagifer*) Terhadap Bakteri Pembusuk Ikan Tongkol
(**Nur Afifatur Rodliyah, Sriwulan**)

Studi In Silico Daun Kubis (*Brassica oleracea* var.*capitata*) Sebagai Anti Inflamasi Mamae Postpartum
(**Ulvatus Syarivah, Ahmad Fathir, Taufikurrahman**)

Eksplorasi Potensi Senyawa Shogaol, Zingerone, Piperidine, Gingerol, Gingerdione pada Jahe (*Zingiber officinale*) Sebagai Afrodisiak Melalui Pendekatan In Silico
(**Faiq Pradila, Taufikurrahman, Alief Putriana Rahman**)

Pola Pertumbuhan Ikan Sepat Siam (*Trichopodus pectoralis*) dari Tiga Sungai di Provinsi Sumatera Selatan
(**Yasni Salsabila, Kodri Madang, Masagus Mhd. Tibrani**)

Pemanfaatan Kitosan dari Kulit Udang Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Organik Limbah Cair Kelapa Sawit
(**Michelle Clara Sinabariba, Didi Jaya Santri, Susy Amirzera SB**)

Variasi Morfometri Siput Gonggong (*Strombus tutturella*) Asal Pula Bangka dan Pulau Dompak
(**Nurulita Widyastuti, Kodri Madang, Masagus Mhd. Tibrani**)

Diterbitkan oleh:

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS KAPUAS SINTANG

Edumedia	Volume 9	Nomor 2	Halaman 80 - 189	Sintang Oktober 2025	p-ISSN 2580-5703 e-ISSN 2775-7242
-----------------	-----------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------	--

EDUMEDIA
JURNAL KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

TIM PENGELOLA

PENASEHAT

REKTOR UNIVERSITAS KAPUAS SINTANG
WAKIL REKTOR I UNIVERSITAS KAPUAS SINTANG
WAKIL REKTOR II UNIVERSITAS KAPUAS SINTANG
WAKIL REKTOR III UNIVERSITAS KAPUAS SINTANG

PENANGGUNG JAWAB

MARKUS

KETUA TIM EDITOR

HILDA AQUA KUSUMA WARDHANI

TIM EDITOR

DESI RATNASARI
ALEXANDER ANDI KURNIANTO

ADMININSTRASI

SUMIYANI
APOLONIUS BAMBANG

EDUMEDIA. Terbit dua kali setahun, berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian dan kajian analitis kritis di bidang Keguruan dan Ilmu Pendidikan.

Alamat Redaksi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kapuas Sintang
Jl. YC. Oevang Oeray Telp. 081258915403, Email. biofkip.unka@yahoo.co.id

Redaksi menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain. Naskah diketik diatas kertas HVS A4 spasi 1,5 sepanjang kurang lebih 12 halaman. Naskah yang masuk dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah, dan tata cara lainnya.

Dicetak oleh Perc. Kurnia Sintang. Isi diluar tanggung jawab percetakan.

EDUMEDIA

JURNAL KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

DAFTAR ISI

Hal.

Pengembangan <i>E-Modul</i> IPA Berbasis Potensi Lokal Perkebunan Kahyangan Jember Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP Umi Zahrotul Farhani, Ulin Nuha, Rusdianto	80-90
Peningkatan Hasil Belajar Materi Pernapasan Melalui Model PBL Kelas VI SD Negeri Sumurgung 1 Tuban Try Bulan Septia Rahmawati, Wendri Wiratsiwi	91-99
Autism Spectrum Disorder (ASD) Topic Trends: Bibliometric Analysis Using Biblioshiny Gusti Fawwaz Setyo, Afandi, Eko Sri Wahyuni	100-112
Keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan, Madura Andriansyah, Ahmad Fathir	113-122
Evaluasi Karakteristik Sensori dan Aktivitas Antioksidan Kombucha Sabut Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.) Berdasarkan Lama Fermentasi Wahyu Sukma Sejati, Sriwulan, Nia Nurfitria	123-130
Uji Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Gayam (<i>Inocarpus fagifer</i>) Terhadap Bakteri Pembusuk Ikan Tongkol Nur Afifatur Rodliyah, Sriwulan	131-137
Studi In Silico Daun Kubis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) Sebagai Anti Inflamasi Mamae Postpartum Ulvatus Syarivah, Ahmad Fathir, Taufikurrahman	138-148
Eksplorasi Potensi Senyawa Shogaol, Zingerone, Piperidine, Gingerol, Gingerdione pada Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) Sebagai Afrodisiak Melalui Pendekatan In Silico Faiq Pradila, Taufikurrahman, Alief Putriana Rahman	149-162
Pola Pertumbuhan Ikan Sepat Siam (<i>Trichopodus pectoralis</i>) dari Tiga Sungai di Provinsi Sumatera Selatan Yasni Salsabila, Kodri Madang, Masagus Mhd. Tibrani	163-170
Pemanfaatan Kitosan dari Kulit Udang Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Organik Limbah Cair Kelapa Sawit Michelle Clara Sinabariba, Didi Jaya Santri, Susy Amirzera SB	171-179

EDUMEDIA
JURNAL KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Variasi Morfometri Siput Gonggong (*Strombus turturella*) Asal Pula Bangka dan Pulau Dompak

Nurulita Widyastuti, Kodri Madang, Masagus Mhd. Tibrani 180-189

PENGEMBANGAN E-MODUL IPA BERBASIS POTENSI LOKAL PERKEBUNAN KAHYANGAN JEMBER UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA SMP

Umi Zahrotul Farhani^{1*}, Ulin Nuha², Rusdianto³

Universitas Jember^{1,2,3}

farhanielumizahrotul@gmail.com¹

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji validitas, kepraktisan, dan efektivitas e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP. Pemanfaatan potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dimaksudkan untuk memberikan gambaran nyata kepada siswa tentang materi, sehingga siswa lebih mudah memahaminya melalui contoh-contoh yang ada di sekitarnya. Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) model ADDIE yang meliputi tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Panti kelas VII E semester genap tahun ajaran 2024/2025. Hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dinyatakan sangat valid digunakan dalam pembelajaran IPA dengan hasil skor sebesar 91,06% yang diperoleh dari validasi e-modul oleh tiga orang ahli. Kepraktisan penggunaan e-modul menunjukkan kriteria sangat praktis dengan skor 90% yang diperoleh dari penilaian lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Keefektifan e-modul menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata pretest dari 49 menjadi 85 pada posttest, dengan hasil perhitungan N-gain sebesar 0,70 berada pada kategori tinggi. Maka dapat disimpulkan bahwa penelitian e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP.

Kata Kunci: *E-modul, Potensi Lokal, Perkebunan Kahyangan Jember, Keterampilan Proses Sains*

PENDAHULUAN

Pembelajaran mempunyai makna berupa upaya disengaja yang difokuskan pada peningkatan keterampilan siswa, yang dilaksanakan melalui pendekatan yang sistematis dan menyeluruh. Pembelajaran IPA adalah kegiatan belajar yang mengharuskan siswa untuk menemukan dan membangun pemahaman mereka sendiri melalui berbagai kegiatan ilmiah (Jumaniar et al., 2024). IPA memiliki proses yang disebut sebagai proses ilmiah dengan melibatkan beberapa fase eksperimen seperti observasi, menentukan sebuah permasalahan, menyusun asumsi, menguji asumsi, merumuskan kesimpulan, dan mengomunikasikan temuan (Tyas et al., 2020).

Keterampilan Proses Sains (KPS) adalah kemampuan siswa menggunakan teknik ilmiah untuk menciptakan, memahami, dan menemukan pengetahuan ilmiah (Hartati et al., 2022). Jiwa (2022) berpendapat bahwa karena keterampilan proses sains diperlukan di setiap tahap metode ilmiah, guru harus membantu siswa mengembangkannya sehingga mereka dapat berlatih menerapkan teknik ilmiah. Siswa lebih terlibat dalam proses pembelajaran di kelas dan mengerti ide-ide dasar dari materi yang diajarkan berkat pengetahuan yang mereka peroleh dari lingkungan mereka. Ini karena siswa yang menemukan informasi baru sendiri dapat menghubungkannya dengan pengetahuan guru, yang memudahkan mereka untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan materi.

Beberapa fakta yaitu tentang KPS siswa saat ini menunjukkan golongan yang rendah dan dapat ditunjukkan oleh penelitian Santiawati dkk. (2022) yang menjelaskan rata-rata skor KPS siswa SMP Negeri 2 Burneh pada 20 soal yang diujikan memiliki skor 39,7% dari 20 siswa. Adapun penelitian oleh Robiatul dkk. (2020) menemukan bahwa profil keterampilan sains siswa kelas VII di SMPN Kota Sukabumi masih tergolong rendah dengan rata-rata 43,52%. Sementara itu, rata-rata KPS siswa kelas VII dan VIII SMP Imam Nawawi termasuk pada kategori sedang dan rendah, hal ini ditunjukkan oleh perolehan skor terendah adalah pada indikator hipotesis yaitu sebesar 27,3% sehingga rata-rata perolehan skor dari setiap indikator adalah 42,92% (Rahmatullah, 2024).

Meninjau fakta bahwa rendahnya keterampilan proses sains siswa di Indonesia dapat diatasi dengan beberapa solusi, salah satunya adalah dengan mengembangkan bahan ajar terkait kehidupan sehari-hari di lingkungan siswa, contohnya adalah *e-modul* berbasis potensi lokal. *E-modul* adalah bahan ajar berupa modul elektronik yang diakses menggunakan perangkat elektronik seperti *smartphone* dan dibuat secara metodis sesuai dengan kurikulum tertentu (Adhim & Arianto, 2020). *E-modul* dipilih karena aksesibilitas, portabilitas, dan daya tahannya yang lebih besar sebagai sumber daya pengajaran digital (Istiqoma et al., 2023). Agar siswa percaya bahwa pengetahuan yang sudah dipelajari memungkinkan bisa diterapkan dalam keseharian siswa, materi *e-modul* IPA harus lebih relevan dengan potensi lokal dan kehidupan sehari-hari mereka (Dwipayana et al., 2020).

Potensi lokal adalah potensi pada daerah tertentu yang meliputi sumber daya geografis, alam, budaya, sejarah, dan manusia (Anisa, 2017). Potensi lokal seharusnya difungsikan untuk mendukung pemberdayaan sekolah seperti desentralisasi pendidikan (Sarah & Maryono, 2014). Ada

banyak potensi untuk mengintegrasikan pendidikan sains untuk meningkatkan pembelajaran, termasuk memengaruhi sikap siswa terhadap sains dan membantu mereka mengembangkan apresiasi terhadap potensi di lingkungan mereka. Salah satu bahan ajar yang dapat diintegrasikan dengan potensi lokal yaitu *e-modul* berbasis potensi lokal. *E-modul* berbasis potensi lokal dapat meningkatkan kemampuan proses sains siswa dikarenakan mencakup latihan untuk mengenali kejadian alam di lingkungan dan gaya hidup sehari-hari siswa. Jika materi pembelajaran *e-modul* disesuaikan dengan budaya lokal lokalitas siswa, itu akan lebih menarik dan memicu minat mereka untuk belajar.

Mengingat rendahnya keterampilan proses sains siswa SMP di Indonesia dan pentingnya pengintegrasian potensi lokal setempat di lingkungan siswa ke dalam bahan ajar IPA, maka peneliti memutuskan untuk mengembangkan *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP. *E-modul* berbasis Potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dipilih untuk memanfaatkan potensi yang ada sehingga memudahkan siswa untuk menyerap materi IPA khususnya tentang Ekologi dan Keanekaragaman Hayati. Selain itu, diharapkan bahwa *e-modul* dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP dengan memanfaatkan potensi lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian pengembangan *E-Modul* berbasis potensi lokal ini akan diujicobakan di SMP Negeri 1 Panti. Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Subjek penelitian ini adalah siswa dari SMP Negeri 1 Panti. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kelas VIIIE di SMP Negeri 1 Panti. Pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *purposive sampling*.

Desain pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

model ADDIE yang terdiri dari 5 tahap meliputi *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Pada tahap *Analyze* dilakukan analisis kebutuhan, analisis siswa, serta analisis kurikulum. Tahap *design* adalah menyusun kerangka e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember yang disesuaikan dengan hasil analisis dan indikator Keterampilan Proses Sains. Tahap *development* adalah merealisasikan produk berdasarkan rancangan kemudian melaksanakan validasi produk yang dilakukan oleh 3 validator ahli. Tahap *implementation* adalah pengimplementasian hasil produk yang dikembangkan dan telah dinyatakan valid pada tahap sebelumnya. Tahap *evaluate* adalah tahap evaluasi yang mencakup instrumen lembar wawancara pada tahap analisis, lembar validitas, lembar observasi keterlaksanaan

pembelajaran menggunakan e-modul, serta lembar *pretest* dan *posttest*.

Pengumpulan data penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui uji validitas, uji kepraktisan, dan uji efektivitas e-modul. Data sekunder didapat melalui wawancara dan dokumentasi.

Uji validitas menggunakan perhitungan rata-rata skor dengan masing-masing kategori. Skor yang didapat selanjutnya dianalisis menggunakan rumus berikut:

$$P_v = \frac{\text{Total skor yang dicapai}}{\text{Total skor maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

P_v = Persentase validitas e-modul

Skor yang diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam pengkategorian pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kriteria validitas *E-modul*

Kriteria Validitas	Kategori
$85\% < V \leq 100\%$	Sangat Valid
$70\% < V \leq 85\%$	Valid
$50\% < V \leq 70\%$	Kurang Valid
$V \leq 50\%$	Tidak Valid

(Nesri & Kristanto, 2020).

Uji kepraktisan e-modul didapatkan melalui lembar observasi keterlaksanaan penggunaan produk e-modul. Skor yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan rumus berikut:

$$P_p = \frac{\text{Total skor yang diperoleh}}{\text{Total skor maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

P_p = Persentase kepraktisan e-modul

Skor yang diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam pengkategorian pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kriteria kepraktisan *E-Modul*

Skor Kualitas	Kriteria Kelayakan
$85\% < P \leq 100\%$	Sangat Praktis
$70\% < P \leq 85\%$	Praktis
$50\% < P \leq 70\%$	Kurang Praktis
$P \leq 50\%$	Tidak Praktis

(Wahyuni et al., 2022).

Uji efektivitas e-modul mencakup dua jenis analisis yaitu analisis tes dan analisis angket respon siswa. Efektivitas *e-modul* diperoleh melalui analisis tes dengan

menggunakan nilai *pretest* dan *posttest* yang selanjutnya dianalisis dengan uji *N-gain* menggunakan rumus berikut.

$$\langle g \rangle = \frac{(Rata - rata posttest) - (Rata - rata pretest)}{Skor maksimal - (Rata - rata skor pretest)}$$

Keterangan:

$\langle g \rangle$ = Rata-rata skor gain

Tabel 3. Skala tingkat *N-Gain*

Nilai $\langle g \rangle$	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g > 0,3$	Rendah

Nilai dari *N-gain* yang didapat selanjutnya digolongkan berdasarkan kategori tertentu pada tabel berikut.

(Hake, 1998).

Efektivitas *e-modul* juga didapat melalui analisis angket respon siswa. Kemudian dianalisis berdasarkan rumus berikut:

$$p = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Respon siswa

A = Total skor yang dicapai

B = Total skor maksimal

Perolehan skor dari rumus tersebut selanjutnya dikategorikan berdasarkan pengkategorian pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Kriteria respon siswa

Skor	Kriteria
$85\% < P \leq 100\%$	Sangat Baik
$70\% < P \leq 85\%$	Baik
$50\% < P \leq 70\%$	Cukup Baik
$P \leq 50\%$	Tidak Baik

(Wahyuni et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan ini memiliki tujuan untuk menghasilkan produk pengembangan berupa *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP materi Ekologi dan Keanekaragaman Hayati kelas VII agar memperoleh kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 1 Panti. Tahapan *analyze* bertujuan untuk mencari informasi terkait permasalahan selama pembelajaran dan dilaksanakan melalui observasi dan wawancara dengan guru IPA. Analisis tersebut meliputi analisis kebutuhan, analisis siswa, serta analisis kurikulum.

Tahap *design* adalah merancang kerangka bahan ajar *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan

Jember yang disesuaikan dengan hasil analisis dan indikator keterampilan proses sains serta berdasarkan materi ekologi dan keanekaragaman hayati. Tujuan pembelajaran pada *e-modul* ini disesuaikan dengan masing-masing 6 indikator keterampilan proses sains, yaitu mengamati, memprediksi, melakukan penyelidikan, menganalisis data dan informasi, mengevaluasi kesimpulan, dan mengkomunikasikan hasil. Penyusunan *e-modul* IPA berbasis potensi lokal ini menggunakan *Canva*.

Tahap *develop* pada penelitian ini dilakukan validasi yang dilakukan oleh sebanyak tiga orang validator. Validasi tersebut menggunakan instrumen evaluasi berupa lembar validasi yang berdasarkan pada beberapa aspek penilaian yaitu, indikator modul, karakteristik *e-modul*,

kelayakan isi, kelayakan bahasa, kelayakan penyajian, dan kelayakan kegrafisan, hingga dapat diketahui bahwa e-modul dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Hasil validasi produk kemudian dianalisis berdasarkan aspek

penilaian dan tingkat kevalidan produk e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP bisa diamati dalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis validasi *E-Modul*

No	Aspek Penilaian	Percentase Penilaian (%)			Rata-rata (%)	Kategori
		Validator 1	Validator 2	Validator 3		
1	Indikator Modul	92,86	71,43	92,86	85,71	Sangat Valid
2	Karakteristik E-modul	100	78,13	100	92,71	Sangat Valid
3	Kelayakan Isi	98,96	84,90	100	94,62	Sangat Valid
4	Kelayakan Bahasa	90,00	80,00	100	90,00	Sangat Valid
5	Kelayakan Penyajian	87,50	75,00	100	87,50	Sangat Valid
6	Kelayakan Kegrafisan	95,83	95,83	95,83	95,83	Sangat Valid
Rata-rata (%)		94,19	80,88	98,12	91,06	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 5 hasil analisis validasi e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember memperoleh rata-rata indikator modul sebesar 85,71%, karakteristik e-modul 92,71%, kelayakan isi 94,62%, kelayakan bahasa 90,00%, kelayakan penyajian 87,50%, dan kelayakan kegrafisan 95,83%. Seluruh hasil aspek penilaian tersebut tergolong pada kategori sangat valid. Kemudian didapatkan rata-rata dari seluruh aspek penilaian sebesar 91,06% yang tergolong dalam kategori sangat valid. Didasarkan dari hasil analisis validasi produk maka e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dapat digunakan dengan beberapa revisi dari validator sebelum diterapkan dalam pembelajaran IPA di kelas VII E SMP Negeri 1 Panti.

Sejalan dengan penelitian Zaputra dkk. (2021), bahwa *e-modul* dapat dinyatakan valid jika pada aspek kelayakan isi terdapat kesesuaian dengan tuntutan kurikulum, kesesuaian antara latihan-latihan soal dengan tuntutan materi yang

diajarkan, dan korelasi contoh materi dengan fenomena yang ada di lingkungan sekitar. Kemudian, ia juga menambahkan bahwa e-modul yang valid dari aspek bahasa harus sesuai dengan EYD, menggunakan bahasa komunikatif, mudah dipahami, serta penggunaan simbol yang konsisten.

Tahap *implement* bertujuan untuk mengujicoba produk e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dalam mengukur kepraktisan. Pelaksanaan uji coba dilakukan di SMP Negeri 1 Panti dengan subyek penelitian yaitu siswa kelas VII E sebanyak 32 siswa. Kegiatan pembelajaran dilakukan secara tatap muka. Materi Ekologi dan Keanekaragaman hayati diajarkan dengan menggunakan *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dengan alokasi waktu 5 kali tatap muka sebanyak 10 JP (10×40 menit). Sebanyak tiga observer mengamati dan mengisikan lembar observasi berdasarkan aspek yang sedang diamati. Hasil analisis data kepraktisan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dapat diamati dalam Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil analisis data kepraktisan *E-Modul*

No.	Aspek yang Diamati	Observer			Percentase (%)	Kategori
		1	2	3		
1	Siswa membuka e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember	100	100	100	100	Sangat Praktis
2	Siswa membaca dan mempelajari e-modul	90	100	100	97	Sangat Praktis
3	Siswa mengerjakan aktivitas dalam e-modul	100	95	100	98	Sangat Praktis
4	Siswa melaksanakan praktikum dalam e-modul	100	100	75	92	Sangat Praktis
5	Siswa dapat mempresentasikan hasil diskusi	75	65	75	72	Praktis
Rata-rata Skor		93	92	95	90	Sangat Praktis

Hasil analisis data kepraktisan *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember pada Tabel 6 yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa rata-rata kelima pertemuan sebesar 90% dan termasuk kategori sangat praktis. Sehingga, dapat diambil kesimpulan bahwa keterlaksanaan kegiatan pembelajaran menggunakan *e-modul* IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dapat dikatakan sangat praktis.

Hal ini membuktikan bahwa penggunaan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember pada saat pembelajaran di kelas telah sesuai dengan perangkat pembelajaran yang sudah dirancang yaitu modul ajar dan ATP (Alur Tujuan Pembelajaran). Produk dianggap praktis apabila dapat diterapkan dengan lancar oleh guru dan dapat diikuti oleh

siswa tanpa mengalami hambatan yang berarti. Hal ini relevan dengan Irawan dan Hakim (2021) yang berpendapat bahwa bahan ajar dapat disebut praktis jika guru dan siswa menggunakan bahan ajar yang mudah diakses di lapangan seperti konten yang mudah dimengerti dan sesuai dengan rencana perancangan peneliti.

Pada tahap *evaluate* dilakukan analisis terhadap hasil tes keterampilan proses sains dan angket respon siswa. Soal *pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains berisikan 12 soal isian. Hasil analisis nilai *pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains menunjukkan adanya peningkatan. Sehingga, efektivitas e-modul untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa dapat diketahui dari hasil perhitungan *N-gain* dan dapat diamati dalam Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil *N-Gain pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains

Komponen	Skor Rata-rata Keterampilan Proses Sains		<i>N-Gain</i>	Kriteria
	Pretest	Posttest		
Jumlah Siswa	32	32		
Nilai Terendah	39	69		
Nilai Tertinggi	61	97	0,70	Tinggi
Rata-rata Nilai	49	85		

Tabel 7 memperlihatkan bahwa *N-Gain pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains pada siswa kelas VII E sebesar 0,70 dan termasuk dalam kriteria tinggi. Artinya, sesudah menggunakan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember materi Ekologi dan Keanekaragaman hayati, siswa mengalami peningkatan keterampilan proses sains dan tergolong dalam peningkatan yang berkategori tinggi. Skor yang diperoleh menunjukkan adanya peningkatan terhadap

keterampilan proses sains siswa. Disamping itu, hasil analisis rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains siswa pada setiap indikator keterampilan proses sains memiliki rata-rata *N-gain* sebesar 0,68 yang termasuk dalam kategori sedang. Artinya, terjadi peningkatan keterampilan proses sains siswa pada setiap indikatornya. Hasil analisis *N-gain* pada setiap indikator keterampilan proses sains siswa kelas VII E dapat diamati dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis *N-gain* setiap indikator keterampilan proses sains siswa

Indikator Keterampilan Proses Sains	Skor Rata-rata (%)		<i>N-Gain</i>	Kriteria
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>		
Mengamati	38,02	94,27	0,91	Tinggi
Memprediksi	52,60	91,15	0,81	Tinggi
Melakukan Penyelidikan	30,73	76,04	0,65	Sedang
Menganalisis Data dan Informasi	44,27	72,40	0,50	Sedang
Mengevaluasi	58,33	90,63	0,78	Tinggi
Mengkomunikasikan Hasil	71,88	84,38	0,44	Sedang
Skor rata-rata <i>N-Gain</i>			0,68	Sedang

Hasil pencapaian indikator keterampilan proses sains pada tabel 8 diperoleh hasil *N-gain* terendah pada indikator mengkomunikasikan hasil dengan skor 0,44 dan tergolong kriteria sedang. Sedangkan, hasil *N-gain* tertinggi adalah pada indikator mengamati dengan skor 0,91. Maka, diperoleh hasil *N-gain* rata-rata dari setiap indikator keterampilan proses sains adalah sebesar 0,68, skor tersebut termasuk dalam kriteria sedang.

Tercapainya *N-gain* tertinggi pada indikator mengamati disebabkan oleh e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember memiliki materi dan kegiatan penugasan pada aktivitas satu hingga lima yang dirancang cukup efektif untuk menstimulasi indra siswa dalam melakukan pengamatan secara terstruktur dan fokus. Selain itu, kegiatan mengamati cenderung lebih mudah diterapkan dalam proses pembelajaran, misalnya dalam bentuk gambar, video, dan eksperimen sederhana. Siswa menjadi lebih antusias karena kegiatan ini bersifat visual dan menarik, serta tidak terlalu menuntut

kemampuan berpikir tingkat tinggi. Hal ini sependapat dengan penemuan Rustaman (2005), yang menyatakan bahwa mengamati adalah keterampilan dasar dalam proses sains yang paling gampang diasah melalui kegiatan langsung dan penggunaan media konkret.

N-gain pada indikator memprediksi memperoleh skor sebesar 0,81 dan tergolong kategori tinggi. Perolehan skor *N-gain* pada indikator ini menunjukkan bahwa kemampuan memprediksi meningkat karena siswa mulai memahami hubungan sebab-akibat dalam suatu fenomena yang tertuang pada aktivitas dalam e-modul yang memuat indikator memprediksi. Purtadi dkk. (2023) berpendapat bahwa pembelajaran berbasis inkuiri secara efektif meningkatkan keterampilan proses sains, termasuk kemampuan memprediksi, dengan melibatkan siswa dalam proses penemuan dan pemecahan masalah.

Indikator melakukan penyelidikan memperoleh skor sebesar 0,65 yang termasuk kategori sedang. Perolehan skor tersebut menunjukkan adanya peningkatan

namun tidak signifikan karena keterampilan ini memerlukan bimbingan lebih intensif dan pengalaman berulang. Siswa belum terbiasa merancang penyelidikan sendiri atau masih kesulitan dalam memilih langkah-langkah yang tepat dalam penyelidikan. Peningkatan ini disebabkan oleh terdapat indikator melakukan penyelidikan pada setiap aktivitas dalam e-modul yang melatih siswa untuk merancang penyelidikan. Menurut Idham dan Sunarti (2024), untuk meningkatkan keterampilan menyelidiki secara efektif dapat menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing, tetapi memerlukan peran aktif guru untuk memberikan petunjuk, karena siswa pemula masih belum bisa melakukan penyelidikan secara mandiri dengan baik.

Indikator menganalisis data dan informasi memperoleh *N-gain* dengan skor 0,50 dan termasuk kategori sedang. Artinya, pada indikator ini memperlihatkan adanya peningkatan pada kemampuan keterampilan proses sains siswa namun tidak signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa siswa mengalami kesulitan dalam mencatat data secara teliti. Peningkatan kemampuan siswa pada indikator ini juga disebabkan oleh adanya indikator menganalisis data dan informasi pada setiap aktivitas dalam e-modul. Dalam studi oleh Wijayanti dan Antika (2024), ditemukan bahwa keterampilan mencatat dan mengelola data berkembang lebih lambat dibanding keterampilan lain karena siswa sering kali menganggap bagian ini sebagai tugas administratif, bukan proses ilmiah yang penting.

N-gain pada indikator mengevaluasi kesimpulan memperoleh skor sebesar 0,78 dan tergolong dalam kategori tinggi. Perolehan skor yang tinggi ini membuktikan bahwa pembelajaran

menggunakan e-modul dapat dikatakan berhasil dalam meningkatkan kemampuan siswa untuk berpikir reflektif dan analitis serta membuat kesimpulan karena terdapat indikator ini dalam setiap aktivitas pada e-modul. Purtadi dkk., (2023) memberikan pernyataan bahwa untuk berpikir kritis dan mengevaluasi informasi secara mendalam, siswa dapat didorong dengan menggunakan pembelajaran berbasis inkuiri yang berkontribusi pada peningkatan keterampilan evaluasi dan membuat kesimpulan.

Indikator mengkomunikasikan hasil menunjukkan skor *N-gain* terendah yaitu 0,44 dan termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini mencerminkan bahwa kemampuan siswa dalam menyampaikan informasi ilmiah, baik secara lisan maupun tertulis meningkat namun tidak secara signifikan. peningkatan pada indikator ini juga disebabkan oleh terdapat aktivitas yang memuat indikator mengkomunikasikan hasil pada e-modul, sehingga siswa dilatih untuk menunjukkan hasil diskusi di depan kelas.

Dilihat dari hasil analisis *N-gain* tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan produk e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember pada sebelum dan sesudah pelaksanaan proses pembelajaran di kelas mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

Angket respon siswa dimaksudkan untuk mengukur respon atau tanggapan dari siswa terhadap penggunaan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan keterampilan proses sains selama proses pembelajaran. Adapun hasil analisis respon siswa kelas VII E SMP Negeri 1 Panti dapat diamati dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil analisis respon siswa

Aspek yang Diamati	Percentase (%)	Kategori
Ketertarikan	87	Sangat Baik
Materi	88	Sangat Baik
Bahasa	92	Sangat Baik
Rata-rata Respon Siswa	89	Sangat Baik

Hasil analisis respon siswa dalam Tabel 9 pada aspek penilaian memperoleh persentase penilaian dengan rincian sebagai berikut, aspek ketertarikan skor sebesar 87% yang tergolong kategori sangat baik, aspek materi skor sebesar 88% yang tergolong kategori sangat baik, dan aspek bahasa skor sebesar 92% yang tergolong kategori sangat baik. Setelah itu, diperoleh persentase rata-rata dari seluruh aspek angket respon siswa sebesar 89% dan termasuk dalam kategori sangat baik.

Nilai angket respon pada aspek ketertarikan didapatkan persentase skor yaitu 87% dan tergolong dalam kategori sangat baik. Perolehan skor tersebut menandakan bahwa siswa menunjukkan ketertarikan dalam belajar menggunakan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember. Menurut Ahmat Fatoni Rizal dkk. (2021) e-modul dapat menarik minat siswa karena dalam e-modul terdapat fitur-fitur yang dapat menarik perhatian siswa untuk belajar. Pernyataan ini relevan dengan pernyataan Raqzitya dan Agung (2022) bahwa dalam pembelajaran, penyampaian konten tidak hanya bergantung pada aspek bacaan, namun juga didukung oleh komponen lainnya seperti gambar, video, dan animasi.

Aspek materi memperoleh skor persentase yaitu 88% dan tergolong dalam kategori sangat baik. Skor tersebut membuktikan bahwa siswa merasa bahwa materi yang disajikan dalam e-modul memberikan kemudahan bagi mereka selama belajar. Kemudahan tersebut dikarenakan materi yang tersaji dalam e-modul sesuai dengan potensi lokal di daerahnya. Ini sejalan dengan pernyataan Sahil dkk. (2023) bahwa materi dalam e-modul disusun dengan menghubungkannya

pada nilai-nilai potensi lokal di sekitar siswa, sehingga mereka lebih mudah memahami materi melalui lingkungan alam sekitarnya.

Aspek bahasa pada angket respon siswa memperoleh skor persentase 92% yang termasuk dalam pengkategorian sangat baik. Perolehan skor tersebut membuktikan bahwa siswa merasa mudah memahami materi dikarenakan bahasa yang digunakan sangat jelas dan mudah dimengerti. Pernyataan tersebut relevan dengan pernyataan Muzijah dkk. (2020) bahwa e-modul berfungsi sebagai bahan ajar yang mendukung siswa menggunakan bahasa yang komunikatif dan interaktif, sehingga mempermudah pemahaman materi pelajaran. Berdasarkan hasil tes keterampilan proses sains dan angket respon siswa memperoleh dampak yang positif baik pada siswa, guru maupun sekolah. Dampak terhadap siswa yaitu terjadinya peningkatan keterampilan proses sains dan peningkatan minat belajar. Sementara itu, dampak terhadap guru yaitu tersedianya bahan ajar kontekstual yang sesuai dengan kebutuhan sehingga mampu membuat siswa tertarik mengikuti pembelajaran. Dampak terhadap sekolah yaitu terjadinya peningkatan kualitas pembelajaran IPA, dikarenakan memiliki bahan ajar inovatif yang mendukung proses pembelajaran abad 21. Dengan demikian, e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember dapat disimpulkan efektif digunakan dalam pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dari pengembangan e-modul IPA berbasis potensi lokal Perkebunan Kahyangan Jember untuk meningkatkan

keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 1 Panti dapat disimpulkan sebagai berikut. Validitas produk e-modul memperoleh rata-rata skor 91,06% dan termasuk dalam kategori sangat valid dan layak digunakan untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran IPA. Kepraktisan penggunaan produk e-modul memperoleh rata-rata skor 90% dan termasuk dalam pengkategorian sangat praktis untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP. Efektivitas penggunaan e-modul didapatkan dari hasil analisis data *pretest* dan *posttest N-gain* dan mendapatkan rata-rata skor sebesar 0,70 yang dikategorikan kriteria tinggi dan angket respon siswa mendapatkan rata-rata skor 89% dan dikategorikan kriteria sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhim, M. F., & Arianto, F. (2020). Pengembangan E-Modul Citra Bitmap untuk Siswa Kelas XI Multimedia di SMK INFORMATIKA “SUMBER ILMU” TULANGAN. *Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan*, 10(21), 1–8.
- Ahmat Fatoni Rizal, Purwaningrum, J. P., & Rahayu, R. (2021). Pengembangan E-Modul Berbasis Etnomatematika Untuk Menumbuhkan Kemampuan Komunikasi Matematis Dan Minat Belajar Siswa. *Koordinat Jurnal MIPA*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.24239/koordinat.v2i2.26>
- Anisa, A. (2017). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui pembelajaran IPA berbasis potensi lokal Jepara. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.21831/jipi.v3i1.8607>
- Dwipayana, P. A. P., Redhana, I. W., & Juniatina, P. P. (2020). Analisis Kebutuhan Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Konteks Budaya Lokal Untuk Pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia*, 3(1), 49–60. <https://ejurnal.undiksha.ac.id/index.php/JPPSI/article/view/24628>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hartati, H., Azmin, N., Nasir, M., & Andang, A. (2022). Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) pada Materi Biologi. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5795–5799. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1190>
- Idham, A. Z., & Sunarti, T. (2024). *Analisis Hasil Riset Penerapan Model Pembelajaran Inkuiiri untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains*. 13(1), 63–69.
- Irawan, A., & Hakim, M. A. R. (2021). Kepraktisan Media Pembelajaran Komik Matematika pada Materi Himpunan Kelas VII SMP/MTs. *Pythagoras: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(1), 91–100. <https://doi.org/10.33373/pythagoras.v10i1.2934>
- Istiqoma, M., Nani Prihatmi, T., & Anjarwati, R. (2023). Modul Elektronik Sebagai Media Pembelajaran Mandiri. *Prosiding SENIATI*, 7(2), 296–300. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i2.8016>
- Jumaniar, J., Rusdianto, & Ahmad, N. (2024). Pengembangan E-Modul Berbantuan Flip Pdf Professional untuk Meningkatkan Keterampilan Proses SAINS Siswa SMP. *Jurnal Basicedu*, 8(2), 1094–1104. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i2.7232>

- Muzijah, R., Wati, M., & Mahtari, S. (2020). Pengembangan E-modul Menggunakan Aplikasi Exe-Learning untuk Melatih Literasi Sains. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 4(2), 89. <https://doi.org/10.20527/jipf.v4i2.2056>
- Nesri, F. D. P., & Kristanto, Y. D. (2020). Pengembangan Modul Ajar Berbantuan Teknologi untuk Mengembangkan Kecakapan Abad 21 Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(3), 480. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i3.2925>
- Purtadi, S., Suyanta, S., & Rohaeti, E. (2023). Science Process Skills as Learning Outcomes in Inquiry-Based Learning: A Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 1403–1414. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.4774>
- Rahmatullah, R. (2024). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa SMP Imam Nawawi Analysis of Science Process Skills of Imam Nawawi Junior High School Students. *Harati – Journal of Science Education*, 1(1), 1–5.
- Raqzitya, F. A., & Agung, A. A. G. (2022). E-Modul Berbasis Pendidikan Karakter Sebagai Sumber Belajar IPA Siswa Kelas VII. *Jurnal Edutech Undiksha*, 10(1), 108–116. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEU/article/view/41590>
- Robiatul, L., Setiono, S., & Suhendar, S. (2020). Profil Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VII SMP Pada Materi Ekosistem. *Biodik*, 6(4), 519–525. <https://doi.org/10.22437/bio.v6i4.10295>
- Sahil, J., Haerullah, A., Hasan, S., & Majid, I. (2023). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Biologi Kelas X SMA Berbasis Potensi dan Kearifan Lokal Menggunakan Aplikasi Canva Design. *Edukasi*, 21(3), 592–605. <https://doi.org/10.33387/j.edu.v21i3.6747>
- Santiawati, S., Yasir, M., Hidayati, Y., & Hadi, W. P. (2022). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa Smp Negeri 2 Burneh. *Natural Science Education Research*, 4(3), 222–230. <https://doi.org/10.21107/nsr.v4i3.8435>
- Sarah, S., & Maryono. (2014). Keefektifan pembelajaran berbasis potensi lokal dalam pembelajaran fisika SMA dalam meningkatkan living values siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Universitas Muhammadiyah Semarang*, 02(01), 6–13.
- Tyas, R. A., Wilujeng, I., & Suyanta, S. (2020). Pengaruh pembelajaran IPA berbasis discovery learning terintegrasi jajanan lokal daerah terhadap keterampilan proses sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 114–125. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i1.28459>
- Wahyuni, S., Wulandari, E. U. P., Rusdianto, Fadilah, R. E., & Yusmar, F. (2022). Pengembangan Mobile Learning Module Berbasis Android Untuk Meningkatkan Literasi Digital Siswa Smp. *LENZA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 12(2), 125–134. <https://doi.org/10.24929/lensa.v12i2.266>
- Wijayanti, T. F., & Antika, R. N. (2024). *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan Analisis Kebutuhan Bahan Ajar: Studi Kasus Mata Kuliah Asesmen Pembelajaran Biologi*. 6(2), 1806–1813.
- Zaputra, R., Festiyed, F., Adha, Y., & Yerimadesi, Y. (2021). Meta-Analisis: Validitas Dan Praktikalitas Modul Ipa Berbasis Saintifik. *Bio-Lectura*, 8(1), 45–56. <https://doi.org/10.31849/bl.v8i1.6039>

PENINGKATAN HASIL BELAJAR MATERI PERNAPASAN MELALUI MODEL PBL KELAS VI SD NEGERI SUMURGUNG 1 TUBAN

Try Bulan Septia Rahmawati^{1*}, Wendri Wiratsiwi²
Universitas PGRI Ronggolawe Tuban¹²
bulanseptia828@gmail.com¹

Abstract : This study was motivated by the low learning outcomes in the science subject among sixth-grade students at UPT SD Negeri Sumurgung 1. This issue prompted the researcher to find appropriate solutions to improve students' academic achievement. The type of research conducted is Classroom Action Research (CAR), which aims to improve and enhance students' learning outcomes, particularly in the topic of the human respiratory system. The learning model applied in this study is Problem Based Learning (PBL), a model that emphasizes real-world problem solving as the starting point of the learning process. The subjects of this study were twelve sixth-grade students in the 2024/2025 academic year. Data collection was conducted using written tests to measure students' academic performance. The research procedure was carried out in two cycles, each consisting of several stages: planning the action, implementing the action, observation and interpretation, and analysis and reflection. Based on the research findings, it was revealed that the implementation of the Problem Based Learning model had a positive impact on improving students' learning outcomes. In the first cycle, the class average score reached 72.50, with seven students achieving the minimum mastery criteria, or 58.33%. After improvements were made in the second cycle, the average score increased to 84.16, with ten students meeting the mastery level, or 83.33%. Thus, it can be concluded that the application of the Problem Based Learning model is effective in improving students' learning outcomes in science, especially in the topic of the respiratory system. PBL also encourages students to think critically and collaborate in solving learning problems.

Keywords: Respiratory System, Problem Based Learning, Learning Outcomes.

Abstrak: Studi ini dilatarbelakangi oleh rendahnya hasil belajar mata pelajaran IPA di kelas VI UPT SD Negeri Sumurgung 1. Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk mencari solusi yang tepat guna meningkatkan capaian hasil belajar siswa. Penelitian ini menggunakan jenis Penelitian Tindakan Kelas (PTK) atau *Classroom Action Research*, yang bertujuan untuk memperbaiki dan meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia. Model pembelajaran yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Problem Based Learning (PBL), yaitu model pembelajaran yang menekankan pada penyelesaian masalah nyata sebagai langkah awal dalam proses belajar. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas VI tahun pelajaran 2024/2025 yang berjumlah 12 orang. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pemberian tes tertulis untuk mengukur kemampuan akademik siswa. Prosedur penelitian dilaksanakan dalam dua siklus, dan masing-masing siklus terdiri atas beberapa tahap, yaitu perencanaan tindakan, pelaksanaan tindakan, observasi dan interpretasi, serta analisis dan refleksi. Berdasarkan hasil temuan penelitian, diketahui bahwa penerapan model Problem Based Learning memberikan dampak positif terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Pada siklus I, nilai rata-rata kelas mencapai 72,50 dengan jumlah siswa tuntas sebanyak 7 orang atau sebesar 58,33%. Kemudian, setelah dilakukan perbaikan pada siklus II, nilai rata-rata meningkat menjadi 84,16 dengan jumlah siswa tuntas

sebanyak 10 orang atau sebesar 83,33%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model Problem Based Learning efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA, khususnya pada materi sistem pernapasan. PBL juga mampu mendorong siswa untuk aktif berpikir kritis dan bekerja sama dalam memecahkan masalah pembelajaran yang dihadapi.

Kata Kunci: Pernapasan, *Problem Based Learning*, Hasil Belajar.

PENDAHULUAN

Pendidikan ialah komponen penting dalam usaha peningkatan kualitas SDM suatu bangsa. SDM yang unggul dibentuk melalui nilai-nilai pendidikan suatu warga (Pristiwanti et al., 2022). Pendidikan berfungsi sebagai sarana untuk meneruskan wawasan, pengetahuan, dan keterampilan yang dibutuhkan guna meningkatkan kualitas kehidupan manusia yang berlangsung lintas generasi (Annur et al., 2021). Pernyataan dari (Nasution et al., 2022) pendidikan tidak bertujuan untuk merendahkan harkat dan martabat manusia, melainkan untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas, nilai, serta martabat kemanusiaan.

Diluar itu, pendidikan bisa membangun karakter serta kemampuan individu agar bisa beradu secara mendunia. Meski demikian, faktor lain yang turut memengaruhi daya saing bangsa (Sanga & Wangdra, 2023). Tujuan dari pendidikan adalah membangun sikap, perilaku, dan pola pikir peserta didik secara lebih menyeluruh dalam menyikapi perbedaan, sehingga dapat menumbuhkan sikap toleran (Nuir Latifah et al., 2021). Menurut (Dasar Negeri Supat, 2020) mengatakan Pendidikan ialah satu diantara hal penting yang mempengaruhi masa depan suatu bangsa dalam konteks kehidupan kebangsaan dan kenegaraan. Oleh sebab itu, dibutuhkan kebijakan yang mendukung pembinaan serta pembelajaran bahasa di sekolah, termasuk peran guru di dalamnya. Menurut (Fajri Annur et al., 2021) Pendidikan tidak dapat dipisahkan dari etika dalam kehidupan manusia. Sejak kecil, anak-anak memperoleh pendidikan dari orang tuanya, dan ketika mereka tumbuh dewasa serta membentuk keluarga, mereka pun akan menerima pendidikan dari

orang tuanya dan mendidik anak-anak mereka dengan baik sesuai dengan etika yang umumnya diwariskan, atau yang dikenal sebagai adat istiadat.

Mata pelajaran IPA merupakan mata pelajaran yang memiliki peran penting, karena sejak jenjang pendidikan dasar, pelajaran IPA sudah dipelajari oleh siswa untuk memahami hubungan antara manusia dan alam melalui kegiatan pengamatan serta pengumpulan konsep-konsep alam yang logis, sistematis, dan bertujuan pada suatu penemuan (Ariyanto et al., 2016). Secara garis besar, pembelajaran IPA berfungsi antara lain untuk memberikan pemahaman mengenai beragam jenis serta peran lingkungan alam dan lingkungan buatan dalam hubungannya dengan kehidupan sehari-hari; mengasah keterampilan proses baik secara fisik maupun mental yang dibutuhkan dalam memperoleh pengetahuan sains; serta membentuk wawasan, sikap, dan nilai yang bermanfaat bagi siswa dalam upaya meningkatkan kualitas hidup mereka sehari-hari (Sakila et al., 2023).

Tujuan pembelajaran IPA Terpadu adalah agar peserta didik memiliki pengetahuan dan wawasan yang mendalam mengenai konsep-konsep dasar pengetahuan alam, manusia, serta lingkungannya, dan juga memiliki kepekaan serta kesadaran terhadap alam dan lingkungan, sehingga di masa depan diharapkan mereka dapat menjadi anggota masyarakat sekaligus warga yang baik (Prayuñisa & Marzuiki, 2023). Salah satu alasan dimasukkannya IPA ke dalam kurikulum sekolah dasar adalah karena IPA merupakan dasar dari pengetahuan teknologi. Harapannya, dengan pembelajaran IPA sejak sekolah dasar, bangsa ini dapat menguasai teknologi di

masa yang akan datang (Deissya et al., 2017). Menurut (Momidu, 2022) Rendahnya kualitas pendidikan yang terlihat dari hasil belajar siswa disebabkan oleh berbagai faktor, baik dari dalam diri siswa (internal) maupun dari luar (eksternal). Dari sekian banyak faktor yang mempengaruhi, strategi atau metode pembelajaran yang digunakan guru dalam proses pembelajaran menjadi salah satu aspek yang menarik untuk diperhatikan. Kemampuan guru dalam mengajar dan mengelola proses pembelajaran di kelas serta membangun interaksi yang positif dengan siswa merupakan salah satu indikator seorang guru yang profesional.

Guru yang profesional sebagai fasilitator memiliki peran dalam memberikan layanan akademik berupa berbagai fasilitas yang diperlukan dalam proses pendidikan dan kegiatan pembelajaran. Dalam menjalankan perannya tersebut, guru akan lebih banyak meluangkan waktu untuk berbagi dan berdiskusi dengan peserta didik selama kegiatan belajar mengajar berlangsung (Arfandi, 2021). Jadi, guru profesional adalah seseorang yang memiliki kompetensi dan keahlian khusus di bidang pendidikan, sehingga mampu menjalankan tugas dan perannya sebagai pendidik serta dapat menerapkan model pembelajaran yang tepat sesuai dengan materi untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh guru untuk mencapai keberhasilan pembelajaran dalam melatih kemandirian dan kemampuan berpikir kreatif siswa adalah dengan memilih model pembelajaran yang sesuai dengan materi.

Model pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa salah satunya adalah model *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL juga termasuk salah satu model yang direkomendasikan dalam penerapan Kurikulum 2013.

Model pembelajaran *problem based learning* (PBL) merupakan suatu proses pembelajaran yang ditandai dengan dimulainya kegiatan melalui penyajian

permasalahan yang berkaitan dengan konteks dunia nyata (Yulianti & Gunawan, 2019). Sedangkan menurut (Handayani & Koeswanti, 2021) Model *Problem Based Learning* (PBL) diterapkan dengan cara menyajikan permasalahan nyata atau yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga siswa dapat mengembangkan pengetahuan baru melalui upaya mencari solusi dari permasalahan yang diberikan serta mendorong mereka untuk berpikir secara kreatif. Dengan demikian, model *problem based learning* merupakan pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan permasalahan nyata sebagai konteks untuk mendorong peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan dalam memecahkan masalah, serta memperoleh pengetahuan dan konsep penting dari materi yang dipelajari.

Menurut Halimah, et al (2023) adapun karakteristik dalam model pembelajaran *Problem Based Learning* ialah :

- a. pembelajaran yang berfokus pada pemecahan masalah,
- b. pembelajaran didasarkan pada pengalaman yang diperoleh dari situasi nyata (tidak terstruktur),
- c. masalah yang dikaji membutuhkan sudut pandang yang beragam (multiple perspektif),
- d. pembelajaran dirancang untuk mendorong orientasi pada pembelajaran baru,
- e. sumber pengetahuan yang digunakan beragam, dan
- f. pembelajaran berlangsung secara kolaboratif, komunikatif, serta kooperatif.

Pada permasalahan ini, adakah hubungannya dengan pembelajaran? Berdasarkan hasil observasi di kelas IV pembelajaran yang diterapkan terkesan monoton, kurang menarik, dan minim melibatkan siswa secara aktif, sehingga menimbulkan kejemuhan dan rendahnya minat belajar. Kondisi ini berdampak pada suasana kelas yang pasif dan tidak

tercapainya tujuan pembelajaran, ditambah dengan hasil belajar siswa yang belum memenuhi KKM (70). Oleh karena itu, penulis menerapkan model *problem based learning* untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa. Pada kelas VI SDN Sumurgung 1 Tuban yang berjumlah 12 siswa, ditemukan bahwa 77,50% atau 5 siswa mencapai nilai yang diperoleh siswa berada diatas KKM 70, namun terdapat 22,50% yaitu 7 siswa yang dinilainya masih dibawah KKM.

Penelitian terdahulu dari Faliqulhusna et al., (2024) Penelitian ini diawali dari hasil observasi peneliti di Kelas V SD Supriyadi 02. Diketahui bahwa sebagian siswa kurang fokus dalam pembelajaran dan hasil belajarnya masih rendah, hanya 42% yang mencapai KKM yang ditetapkan, yaitu 75. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan hasil belajar pada mata pelajaran IPAS materi organ pernapasan manusia di kelas V SD Supriyadi 02 melalui penerapan model pembelajaran berbasis masalah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah dapat meningkatkan hasil belajar IPAS siswa kelas V SD Supriyadi 02 tahun ajaran 2023/2024. Sebelum dilakukan tindakan, hanya 42% siswa yang masuk dalam kategori kurang. Setelah pelaksanaan siklus I, terjadi peningkatan menjadi 65% dalam kategori cukup. Pada siklus II, terjadi peningkatan lebih lanjut menjadi 82% dalam kategori baik. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti melakukan percobaan dengan menerapkan model pembelajaran PBL supaya siswa dapat berdiskusi terhadap hasil pemikirannya serta memecahkan masalah. Selain itu, penelitian dari (Solichah et al., 2021) Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal: 1) Aktivitas guru selama proses pembelajaran IPA dengan menerapkan model *problem based learning* pada siklus I mencapai 67,39% (kategori Baik) dan meningkat pada siklus II menjadi

89,13% (kategori Baik Sekali). Aktivitas siswa juga mengalami peningkatan, dari 66,30% (Baik) pada siklus I menjadi 91,30% (Baik Sekali) pada siklus II. 2) Penerapan model *problem based learning* dalam pembelajaran IPA di kelas V terbukti mampu meningkatkan hasil belajar siswa, dengan persentase ketuntasan pada siklus I sebesar 64,00% (Cukup) dan meningkat menjadi 88,00% (Baik Sekali) pada siklus II.

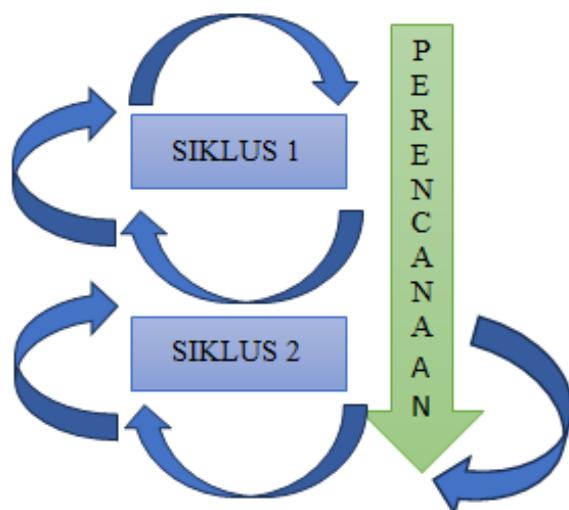
Penelitian selanjutnya dari (Filza et al., 2024) mengatakan penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan proses dan hasil belajar peserta didik melalui penerapan model *Problem Based Learning* berbasis Powtoon pada materi sistem pernapasan. Jenis penelitian yang digunakan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan dalam dua siklus. Setiap siklus terdiri dari tahap perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Subjek penelitian adalah siswa kelas VIII B SMP Negeri 12 Sungai Raya tahun ajaran 2023/2024 dengan jumlah 29 siswa. Instrumen yang digunakan meliputi lembar observasi dan tes hasil belajar. Tes digunakan untuk menilai pemahaman siswa terhadap materi, sedangkan lembar observasi digunakan untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes, observasi, dan dokumentasi. Hasil pelaksanaan pembelajaran menunjukkan peningkatan, yaitu 92,26% pada siklus I dan 95,64% pada siklus II. Hasil belajar juga mengalami peningkatan dari 77,59% pada siklus I menjadi 86,20% pada siklus II. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* berbasis Powtoon mampu meningkatkan proses dan hasil belajar peserta didik pada materi sistem pernapasan. Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “ Peningkatan Hasil Belajar Materi Pernafasan Melalui Model PBL Kelas VI SD Negeri Sumurgung 1 Tuban”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupa penelitian tindakan kelas (PTK). Menurut (Kosim Kosim, 2018) PTK merupakan jenis penelitian tindakan untuk meningkatkan kualitas belajar. Dalam penelitian ini terdapat partisipan pendidik IPA dan 12 siswa Kelas VI SD Negeri Sumurgung 1 Tuban. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada banyaknya siswa belum memahami serta mengidentifikasi dalam materi pernafasan di kelas. Penerapan model membutuhkan partisipasi aktif siswa menjadi penting agar mereka tidak mudah

merasa jemu dan dapat tercapainya tujuan pembelajaran, terutama jika guru bisa meningkatkan kualitas proses belajar. Menurut (Nuirdin., 2016) terdapat empat langkah proses PTK, yaitu merencanakan, melakukan, mengawasi, dan berpikir. Semenara itu, dalam satu siklus PTK dikenal tiga fase utama yang merupakan modifikasi dari model Kemmis dan taggart, ialah 1. Plan (perencanaan) 2. Act and Observe (Tindakan dan Pengamatan) 3. Reflect (Refleksi).

Tahapan studi tindakan kelas sebagaimana ditampilkan dibawah ini:



Gambar.1 Rekomendasi

Data dalam pengumpulan memakai teknik pengumpulan Tes yang terdiri dari pre test serta posttest yang dipakai guna menganalisis hasil belajar murid sesuai ranah kognitif. Data yang diperoleh adalah data kuantitatif. Terdapat rumus yang digunakan untuk menganalisis data yaitu:

$$KBK = \frac{\Sigma N}{\Sigma S} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Jumlah siswa yang tuntas}}{\text{Jumlah siswa keseluruhan}} \times 100\%$$

(Seiptiani & Irawan Zain, 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

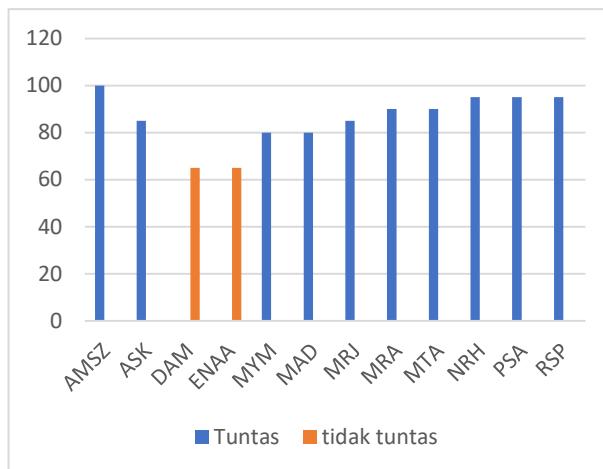
Dalam studi ini mendapatkan hasil data peningkatan kemampuan kelas VI dalam menyelesaikan soal materi pernafasan. Berikut hasil kemampuan siklus I siswa kelas VI dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Ketuntasan

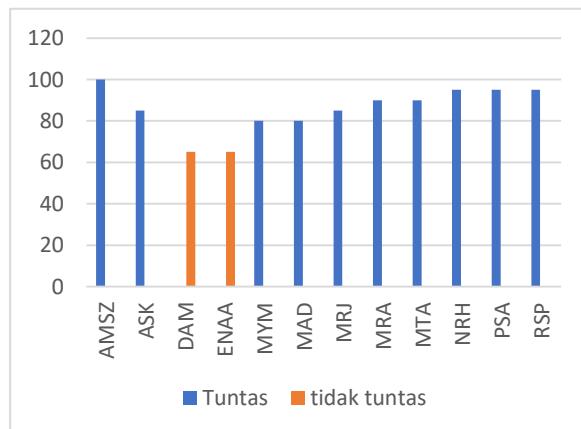
Nilai	Kriteria	Keterangan
≥ 70	T	Tuntas
≥ 70	TT	Tidak Tuntas

Tabel 2. (Hasil Siklus I)

Jumlah	870
Rata – rata	72,50
Persentase Ketuntasan	58,33%

**Tabel 3. (Hasil Siklus II)**

Jumlah	1.010
Rata – rata	84,16
Persentase Ketuntasan	83,33%



Tabel 4. Peningkatan Nilai Rata – rata dan Ketuntasan Kelas

Kegiatan	Rata - rata	Persentase
Siklus I	72,50	58,33%
Siklus II	84,16	83,33%

Hasil evaluasi belajar siswa menunjukkan kenaikan hasil belajar dari siklus I ke siklus II. Pada pelaksanaan siklus I, nilai rerata murid ialah 72,50 dengan tingkat ketuntasan klasikal sebesar 58,33%, yang ditunjukkan oleh 7 dari 12 siswa telah mencapai KKM.. Hasil ini menunjukkan bahwa belum mencapai target ketuntasan minimal sebesar 80%, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Masalah yang timbul pada siklus I diantaranya kurang maksimalnya penyampaian materi oleh guru, kegiatan pembelajaran yang belum interaktif, serta keterlibatan siswa yang masih terbatas. Pelaksanaan siklus II menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah melalui tahap refleksi dan perbaikan. Rerata nilai naik hingga 84,16, disertai ketuntasan klasikal mencapai 83,33%, yaitu 10 dari 12 siswa telah tuntas belajar. Peningkatan ini memperlihatkan bahwa kegiatan pembelajaran di siklus II lebih efektif, dengan adanya siswa yang lebih bagus dan penggunaan metode pembelajaran berbasis masalah yang lebih optimal. Dengan tercapainya indikator keberhasilan pada siklus II, Oleh karena itu, bisa dinyatakan bahwa pembelajaran efektif dalam memperbaiki hasil belajar murid secara signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan penelitian tindakan kelas selama dua siklus, bisa dinyatakan bahwa penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL) secara nyata mampu memperbaiki hasil belajar murid kelas VI SD Negeri Sumurgung 1 Tuban dalam pembelajaran ipa materi pernafasan. Peningkatan bisa disaksikan dari evaluasi yang mengalami perkembangan signifikan. Rerata nilai kelas

di siklus I ialah 72,50, dengan 58,33% siswa atau 7 dari 12 siswa berhasil memenuhi kriteria ketuntasan. Dalam perbaikan pada siklus II, nilai rerata naik hingga 84,16, serta ketuntasan klasikal mencapai 83,33% (10 dari 12 siswa tuntas). Peningkatan ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan model PBL berhasil mengatasi kendala yang ditemukan pada siklus pertama, baik dari aspek penyajian materi oleh guru maupun partisipasi murid dalam mengikuti pembelajaran. Dengan demikian, bisa dinyatakan bahwa model *Problem Based Learning* tidak hanya mampu memperbaiki aktivitas pengajar dan murid, tetapi juga secara signifikan memperbaiki hasil belajar murid, dan bisa dipakai sebagai alternatif strategi pembelajaran yang efektif pada bidang studi IPA di jenjang sekolah dasar, khususnya pada materi Pernafasan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapan terimakasih kepada semua yang terlibat dalam proses penelitian saya, khususnya pendidik yang senantiasa membimbing saya selama proses penelitian. Tak lupa dengan dosen pengampu mata kuliah publikasi yang sudah selalu memberi arahan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Annur, F., Yuriska, R., & Arditasari, S. T. (2021). Pendidikan Karakter Dan Etika Dalam Pendidikan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Pgri Palembang 15-16 Januari 2021*.
- Arfandi, M. A. S. (2021). Peran Guru Profesional Sebagai Fasilitator dan Komunikator dalam Kegiatan Belajar Mengajar. *Edupedia*, Vol. 5, Issue 2.

- Ariyanto, M., Fkip, P., Kristen, U., & Wacana, S. (2016). Peningkatan Hasil Belajar Ipa Materi Kenampakan Rupa Bumi Menggunakan Model *Scramble*. *Profesi Pendidikan Dasar*, 3(2), 134–140.
- Desstya, A., Novitasari, I. I., Razak, A. F., Sudrajat, K. S. (2017). Refleksi Pendidikan Ipa Sekolah Dasar Di Indonesia (Relevansi Model Pendidikan Paulo Freire dengan Pendidikan IPA di Sekolah dasar). *Profesi Pendidikan Dasar*, Vol.4, No.1
- Faliqulhusna, D., Artharina, F. P., & Rahayu, L. P. (2024). Penerapan Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Muatan IPAS Materi Sistem Pernapasan Manusia Kelas V SD. *Jurnal Sinektik*, 7(1), 59–73. <https://doi.org/10.33061/j.s.7i1.10666>
- Filza, I. A., Ningsih, K., Yuniarti, A., Titin, T., & Wahyuni, E. S. (2024). Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik melalui Model Problem Based Learning Berbasis Powtoon pada Materi Sistem Pernapasan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 2655. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.11902>
- Halimah, S., Usman, H., & Maryam, S. (2023). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran IPA Melalui Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) di Sekolah Dasar. *Jurnal Syntax Imperatif: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 3(6), 403–413. <https://doi.org/10.36418/syntax-imperatif.v3i6.207>
- Handayani, A., & Koeswanti, H. D. (2021). Meta-Analisis Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif. *Jurnal Basicedu*, 5(3), 1349–1355. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i3.924>
- Harlina., dan Wardarita, R. (2020). Peran Pembelajaran Bahasa Dalam Pembentukan Karakter Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Bindo Sastra*, Vol. 4, Issue 1, DOI: <https://doi.org/10.32502/jbs.v4i1.2332>
- Kosim. (2018). *Efektivitas Penggunaan Metode Pengertian Organisasi Meningkatkan Hasil Belajar PKN Kelas V SDN I Dukuhmaja pada Penelitian Tindakan Kelas (PTK) Kecamatan Luragung Kabupaten Kuningan*. Pedagogi: Jurnal Penelitian Pendidikan, Vol.5 No.1. DOI: 10.25134/pedagogi.v5i1.1589
- Latifah, N., Marini, A., & Maksum, A. (2021). Pendidikan Multikultural di Sekolah Dasar (Sebuah Studi Pustaka). *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 6(2), 42–51. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v6i2.15051>
- Laurensius Dihe Sanga, & Yvonne Wangdra. (2023). Pendidikan Adalah Faktor Penentu Daya Saing Bangsa. *Prosiding Seminar Ilmu Sosial & Teknologi*.
- Lubis, N., Mutiara., Asriani, D., Sakila, R., & Saftina. (2023). Pentingnya Peranan IPA dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal ADAM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol.2 No.1. DOI: <https://doi.org/10.37081/adam.v2i1.1380>
- Momidu, S. (2022). Upaya Meningkatkan Hasil Belajar IPA Biologi Melalui Pembelajaran Kooperatif Model Think Pair Share Pada Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Telaga. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: DIKMAS*, 687(2). <https://doi.org/10.37905/dikmas.2.2.687-694.2022>
- Nasution, F., Anggraini, L.Y., & Putri, K. (2022). Pengertian Pendidikan, Sistem Pendidikan Sekolah Luar Biasa, dan Jenis-Jenis Sekolah Luar Biasa. *Jurnal Edukasi Nonformal*. Vo. 3, No.2, 422-427.

- Nurdin, S. (2016). *Guru Profisional Dan Penelitian Tindakan Kelas*. Jurnal Ducative: Journal of Education Studies, Vol. 1, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.30983/educative.v1i1.118>
- Prayunisa, F., & Marzuki, A. D. (2023). Analisis Kesulitan Guru Ipa Dalam Pembelajaran IPA di SMP dan SD. *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, 4(2), 268–275. <https://doi.org/10.55681/nusra.v4i2.894>
- Pristiwanti, D., Badariah, B., Hidayat, S., & Dewi, R.S. (2022). Pengertian Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, Vol. 4, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i6.9498>
- Septiani, M., & Irawan Zain, M. (2024). Pengembangan Media Permainan Ular Tangga Berbasis Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPAS Siswa Kelas IV. *Journal of Classroom Action Research*, 6(1). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.7248>
- Solichah, A., Rahadian Dyah Kusumawati, P., Pager Semarang, M., & Pekalongan, I. (2021). Implementasi Model Problem Based Learning dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pembelajaran IPA. *Indonesian Journal of Islamic Elementary Education. IAIN Pekalongan*, 1, 2021. <http://ejournal.iainpekalongan.ac.id/index.php/ijiee>
- Yulianti, E., & Gunawan, I. (2019). Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL): Efeknya Terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 399–408. <https://doi.org/10.24042/ijjsme.v2i3.4366>

AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) TOPIC TRENDS: BIBLIOMETRIC ANALYSIS USING BIBLIOSHINY

Gusti Fawwaz Setyo¹, Afandi^{2*}, Eko Sri Wahyuni³
Universitas Tanjungpura¹²³
afandi@fkip.untan.ac.id¹

Abstract: Bibliometric analysis, a scientific study that uses mathematical and statistical methods to analyze literature, was employed to examine the trends in research on Autism Spectrum Disorder (ASD). The main objective of this study was to identify the development, focus areas, and emerging themes in ASD research over the past decade. The present study utilized data from the Scopus database, which included articles and conference papers published between 2014 and 2023. The study aimed to map and analyze the research direction on ASD. The analysis of 3,879 documents revealed several key findings. Firstly, the topic of ASD exhibited an increasing trend each year. Secondly, certain words such as "autism," "male," and "female" were frequently cited and continued to grow, suggesting emerging research themes. These results provide a comprehensive understanding of the evolving nature of the topic and serve as a valuable foundation for future research and collaboration in health and education. Furthermore, it was observed that research on ASD will continue to expand with diverse research focuses.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD), Bibliometric Analysis, Biblioshiny

PENDAHULUAN

Children with Special Needs (CSN) is a term used to refer to children who have different characteristics compared to normal children. According to (Yumni & Ramadhan, 2023), CSNs are children with special characteristics that are not much different from normal children in general but always show one or more mental, emotional, or physical disabilities and deficiencies. A child with special needs is said to be so because they experience obstacles and deficiencies in emotional control, mental retardation, or physical limitations. An example of a child who is classified as CSN is a child with Autism. Autism Spectrum Disorder (ASD) is a developmental disorder characterized by challenges in social interaction, communication, and a limited range of interests or activities (Baio et al., 2018). Autism spectrum disorder is a neurological developmental condition marked by notable difficulties in social communication and interaction, along with patterns of restricted

and repetitive behaviors (Hodges et al., 2020).

In general, ASD shows characteristics such as difficulty socializing with peers or other people and not being able to respond to an activity that is taking place around them (Irvan, 2017). Children with ASD usually begin to show symptoms at the age of 6 to 24 months, and some children will initially grow normally but exhibit degenerative changes and loss of language and social skills at the age of 24 to 36 months (Stilling et al., 2014). ASD children can be detected as early as 3 years of age because, at that age, ASD children do not show the development of communication and social interaction skills (Baas et al., 2020). Scientists do not yet know what exactly goes wrong in the brains of autistic individuals, but certainly, the cause is neurobiological, not interpersonal (Botha & Cage, 2022).

The prevalence of autism in the world is increasing. Global data from 2001 indicated that the prevalence of ASD rose from 0.7% to 1.0% since the 1990s, and

additional findings suggest that this rate has continued to increase steadily in recent years (Chakrabarti & Fombonne, 2001). According to data from the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) in the United States, the number of ASD patients in 2012 increased by 23% compared to 2008. If in 2008, ASD patients experienced 1 in 100 children, then in 2012, the ratio rose to 1 in 88 children (Simatupang & Handayani, 2015). In 2013, CDC data showed that ASD patients increased again to 1:50 in the past year. Then, a study conducted by the CDC in 11 locations in 2018 showed 1 ASD patient in every 44 children aged 8 years (Maenner et al., 2023).

A recent systematic review of the global landscape of mental health disorders revealed that in 2019, the age-standardized worldwide prevalence of ASD was 369.4 cases per 100,000 individuals, with a notably higher rate among males (GBD 2019 Mental Disorders Collaborators, 2022). The increasing prevalence of ASD may be related to increased knowledge and awareness as well as changes in diagnostic criteria covering a wider range of diseases. In general, males outnumber females in ASD, and the ratio is approximately 3:1 to 4:1 (Loomes et al., 2017). The prevalence of children with autism in Indonesia, when assumed with that in Hong Kong, children with autism aged 5-19 years reach up to 66,000,805 people. It is estimated that there are more than 112 thousand children in Indonesia in the age range of 5-19 years with autism (Jiu & Rungreangkulkij, 2019). Based on these data, the number of individuals with autism is increasing both in Indonesia and around the world. To get a more complete review of the trend of ASD, a more in-depth review of the literature in recent years is needed to get more information about how far the ASD research has progressed. In order to find out the research's development, an analysis is needed to collect data that tends to be a lot

of calculated manually, one of which is bibliometric analysis.

Bibliometric analysis is a quantitative method for analyzing bibliographic data in articles and journals (Donthu et al., 2021). Bibliometric analysis is used to determine how much research has developed from year to year (Hernandez-Torrano & Ibrayeva, 2020). Bibliometric analysis is a research trend that is in great demand because this research can provide opportunities and an overview for future research, so for a particular topic that has not been studied much, researchers will usually look for a literature review or bibliometric analysis first to find novelty or research opportunities (Cooper, 2015).

Based on the background exposure above, more in-depth research on ASD is necessary. Therefore, the researcher is interested in raising the research title Autism Spectrum Disorder (ASD) Topic Trends: Bibliometric Analysis Using Biblioshiny. This research is expected to determine the direction of research development and explain future research opportunities related to ASD topics using bibliometric analysis.

METODE PENELITIAN

This research uses descriptive quantitative methods with bibliometric analysis to map and analyze the development of related research. This research method is in the form of numbers and statistical results presented in diagrams. The sample used to collect the data comes from the Scopus database, which is often used in bibliometric studies to see the results of knowledge mapping in a study. Researchers also trust the Scopus database as a source of bibliometric data for large-scale analysis in research assessment. Sampling was conducted on November 13, 2024, through the Scopus database. The search was conducted by entering the keywords "(TITLE (asd) OR TITLE (autism AND spectrum AND disorder) OR TITLE (autism) AND TITLE-ABS-KEY (education))." The keywords in the Scopus

search were determined using Boolean Operators by combining the words AND, OR, and NOT.

Furthermore, the sample search was limited to 2014-2023, English language, scientific publications in journals and proceedings, and the file format of articles and conference papers. The results of the search obtained 3,879 documents. The file was downloaded and saved in CSV form and then analyzed using Bibliometrix R-Package (Biblioshiny) version 4.3.2 to be able to visualize and map Bibliometric network data. Bibliometrix R-Package (Biblioshiny) is part of R-Studio, which Massimo Aria and Corrado Cuccurolo introduced in 2017. This application presents Bibliometric visualization results with statistics and graphics.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Main Information

In bibliometric research, the first step is to identify key information. This section provides basic information about all articles on Autism Spectrum Disorder (ASD). Table 1 presents data on research development from data obtained through the Scopus database.

Table 1 above shows the data obtained in the 2014-2023 range containing 3879 documents, where the documents come from various sources, namely 3612 articles and 267 conference papers that Scopus has indexed. The average development of publications per year is 9.64%, with an average citation per document of 20.22. Furthermore, the main data also includes details regarding author contributions and international partnerships. The number of authors of scientific publications on ASD was 13565 authors involved, and 231 single authors produced 237 articles. This indicates a diversity in the authorship of the article. However, international collaboration among authors is relatively limited, accounting for only 16.04%, with an average of 4.99 authors per publication. In addition, 6903 author

keywords (DE) and 138467 references match the topic of ASD.

Key information is one part of the Bibliometric analysis results. It only provides core information about the document's period, the number of articles, the number of issues, the type of document, the author, the document's content, and other information. Key information is beneficial for providing an initial overview of the analysis results.

2. Annual Scientific Production

The annual production of scientific articles in (**Figure 1**) shows that the most publications occurred in 2022, with 528 articles published or about 13.61% of the total articles published from 2014 to 2023. It is due to updates in diagnostic guidelines, such as DSM-5 and ICD-11, that affect how ASD is diagnosed and understood, and further research is encouraged to conform to the latest guidelines and understand their impact. ICD-11 (International Classification of Diseases, 11th Revision) is a classification system for diseases and health conditions published by the World Health Organization (WHO). This latest version replaces ICD-10, which has been widely used since 1992. ICD-11 officially takes effect on January 1, 2022, although some countries are starting the transition earlier.

Meanwhile, the fewest articles were shown in 2014, with 228 articles. In conclusion, the number of publications on ASD increased from 2014 to 2023, despite a slight decline in 2020, during which only 13 articles were published. One of the factors that caused the decrease in publications at that time was the COVID-19 outbreak that occurred at the end of 2019. Research on ASD can be said to be "slightly distracted" because researchers are focusing on research on the virus outbreak.

Table 1. Autism Spectrum Disorder (ASD) Topic Key Information

Main Information About Data	Description
Timespan	2014:2023
Sources (Journals, Books, etc)	1193
Documents	3879
Annual Growth Rate %	9,64
Document Average Age	4,74
Average citations per doc	20,22
References	138467
Document Contents	
Keywords Plus (ID)	8825
Author's Keywords (DE)	6903
Authors	
Authors	13565
Authors of single-authored docs	231
Authors Collaboration	
Single-authored docs	237
Co-Authors per Doc	4,99
International co-authorships %	16,04
Document Types	
Article	3612
Conference paper	267

3. Three Field Plot

The Three Field Plot, also known as the Sankey Diagram (**Figure 2**), is part of the dataset that results in interrelationships between 3 observed elements: sources, authors, and keywords. The Sankey Diagram is designed to illustrate and evaluate the connections among authors, sources, and keywords (Khan et al., 2023). The three components are represented by gray lines, illustrating their interconnections, starting from the source, followed by the author, and each author is then linked to a keyword. The size of each rectangle in the list represents the number of publications associated with that particular theme.

The first element (left) is the reference source. Nineteen reference sources presented in this three-field plot have published articles on the topic of

ASD, and the top source that published the most articles on this topic is the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (2013), which is depicted with a magenta-colored rectangle. The second element, centered, contains the author's name. Authors who have published articles in recognized journals are linked to reference sources and keywords. Based on the image author's research. In this study, among the above 20 authors who wrote above, 20 authors are listed in this element. The size of the bar chart shows how many publications as a result of each author's research. In this study, among the above 20 authors who wrote the most ASD-themed articles were Casari C, Trembath D, and Smith T. The last element, the third element, contains keywords related to the topics that appear most frequently in the articles. Each topic is associated

with the author who published the most on that topic. The twenty most "autism," indicated by the size of the green box dominating the other boxes. All of the listed authors also used the topic of ASD, which is in line with the

frequently occurring keywords were "autism spectrum disorder" and focus of this research. In addition to ASD, this plot also displays other widely used keywords, such as "asd" and "intervention."

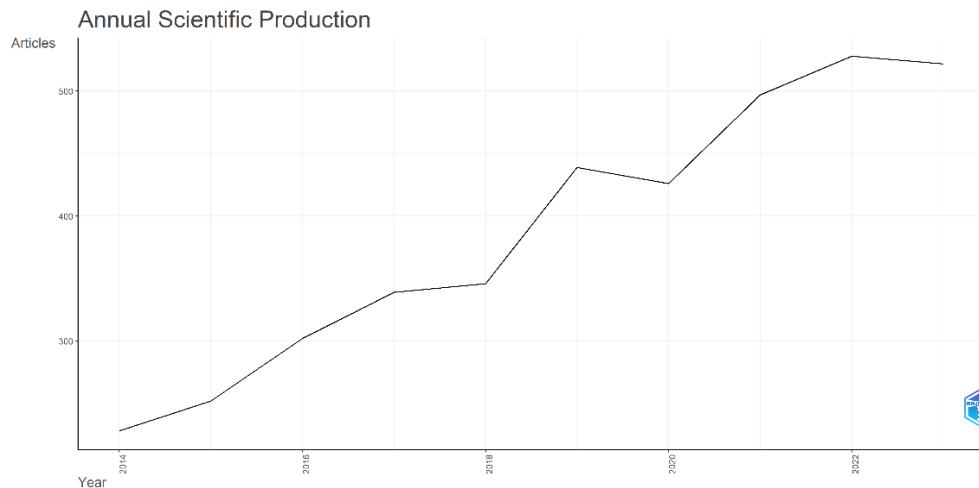


Figure 1. Annual Scientific Production

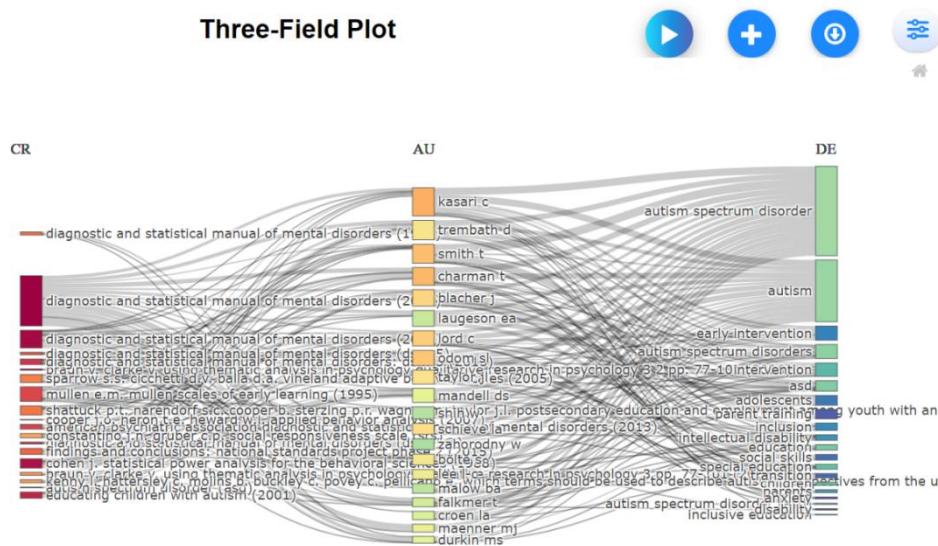


Figure 2. Three Field Plot

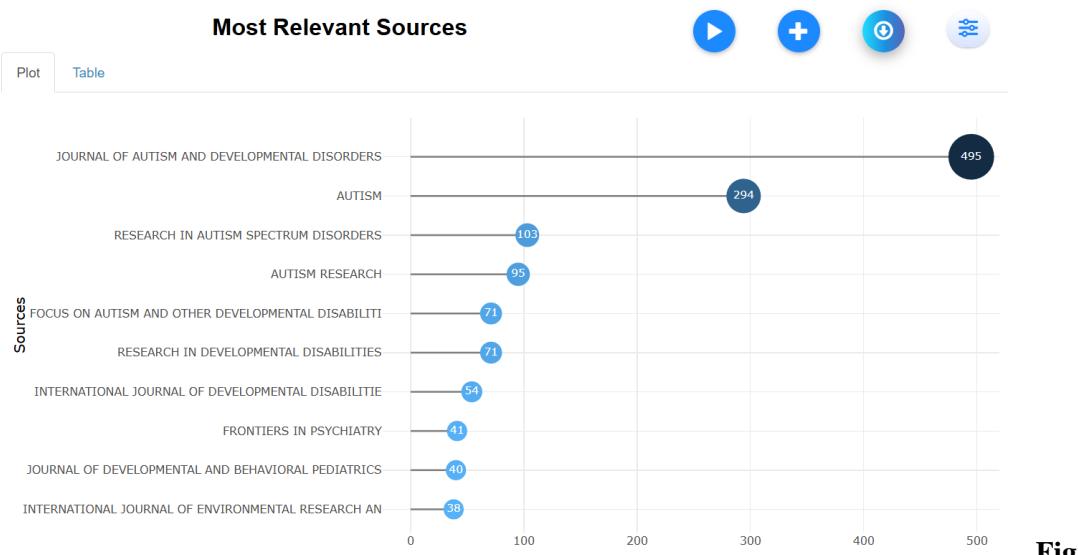


Figure 3. Most Relevant Source

Fig

4. Most Relevant Source

Based on the search results, the most relevant source (**Figure 3**) of the keywords mentioned is the Journal of Autism and Developmental Disorder (495 articles). In second place is the journal Autism (294 articles), followed by the third place is the journal Research in Autism Spectrum Disorders (103 articles). Next is Autism Research (95 articles), Focus on Autism and Other Developmental Disabilities (71 articles), Research in Developmental Disabilities (71 articles), International Journal of Developmental Disabilities (54 articles), Frontiers in Psychiatry (41 articles), Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics (40 articles), and the journal with the lowest most relevant sources of the ten journals displayed is the International Journal of Environmental Research and Public Health (38 articles). The journal data above can make it easier for future researchers to find literacy sources or references when conducting research and data processing, especially regarding ASD.

5. Top Author Production Over Time

The given text discusses the top authors in the field of autism spectrum disorder (ASD) research and their publication trends over time. The author production over time section (**Figure 4**) shows the number of scientific articles produced by each author in each year. The dot size represents the author's publication output, while the red line indicates their initial activity in research until the year they published the research. Kasari C is identified as the author with the most publications from 2014 to 2023, with 35 publications represented by blue circles ranging in size. Charman T follows with 27 publications from 2015 to 2023, and Smith T with 23 publications from 2015 to 2021. The data reveals that research on ASD has been conducted since 2014, and various researchers have studied the topic over the period 2014-2023.

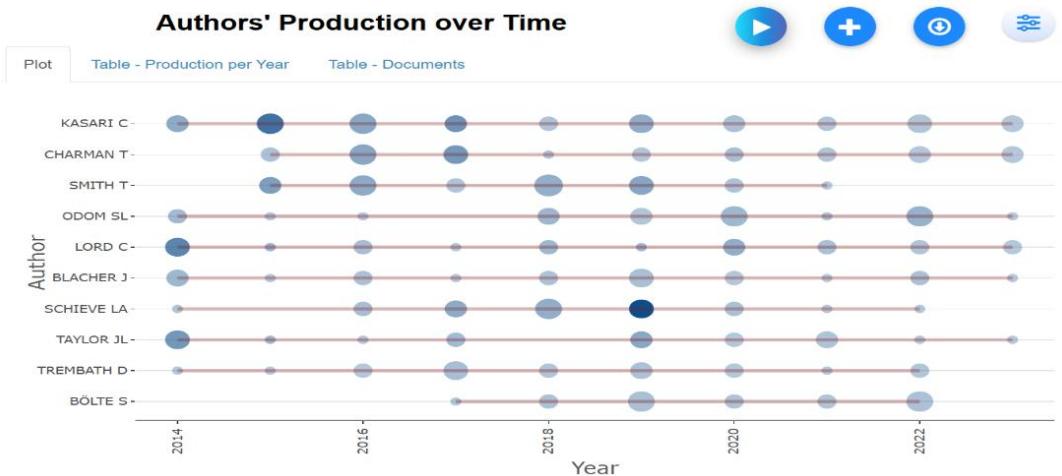


Figure 4. Author Production Over Time

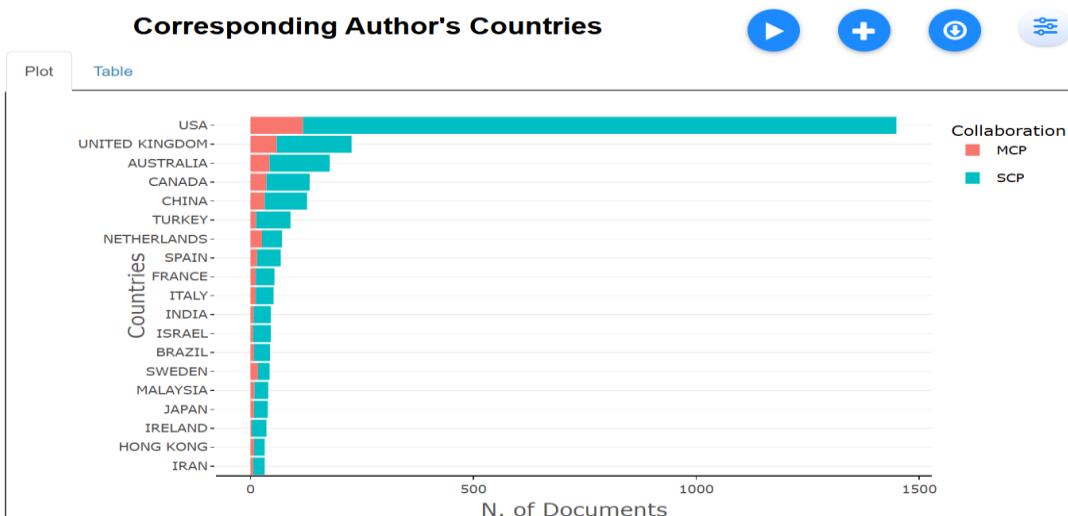


Figure 5. Corresponding Authors Countries

6. Corresponding Author Countries

The 'Corresponding Authors Countries' (**Figure 5**) presents data on the home country of each author. The calculation is derived from the total frequency of SCP (Single Country Collaboration) and MCP (Multiple Country Collaboration), which refer to collaborations within a single country and collaborations involving multiple countries, respectively. In this research, there are 10 top countries with an interval of the number of articles

produced, namely between 0 to 1331 (SCP) and 0 to 118 (MCP) on the topic of Autism Spectrum Disorder (ASD). According to Figure 5, the USA has the highest author frequency (0.374) and has published 1331 SCP and 118 MCP articles, placing it in the first position. The United Kingdom is in second position with an author frequency of 0.059 and 168 SCP and 59 MCP articles. Australia ranks third with an author frequency of 0.046 and 135 SCP,

and 43 MCP articles. Canada is in fourth position with an author frequency of 0.034 and 133 articles successfully published. China ranks fifth with an author frequency of 0.033 and 127 articles published. Turkey, the Netherlands, Spain, France, and Italy follow in the sixth to tenth positions with varying author frequencies and numbers of articles published.

From the research data, it can be seen that the USA is the country that produces the most authors on the topic of ASD. The USA is one of the most developed countries in the world. The USA strongly supports institutions or authors in their country in the field of R&D (Research and Development). In addition, the USA is also very concerned about research in health sciences. It can be seen through the high funds given to research in the country, including many researchers in the US (Pena-Cristóbal et al., 2018). As the NSF (National

Science Foundation) reported in 2021, the USA spent approximately 90 billion USD on R&D research (Nandiwardana et al., 2024).

7. Most Global Cited Documents

The 'Most Globally Cited Document' (**Figure 6**) is a dataset showcasing the most frequently cited documents in ASD research. Based on this, it displays the top 10 most cited documents in the study. The top position is Jhon Baio, published in 2018 in the journal MMWR SURVEILL SUM is the most cited document with 2775 citations entitled "Prevalence of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2014". The journal discusses that the number of 8-year-old ASD children in the USA was 16.8 per 1000 children, which means that 1 in 59 children had ASD in the USA in 2014.

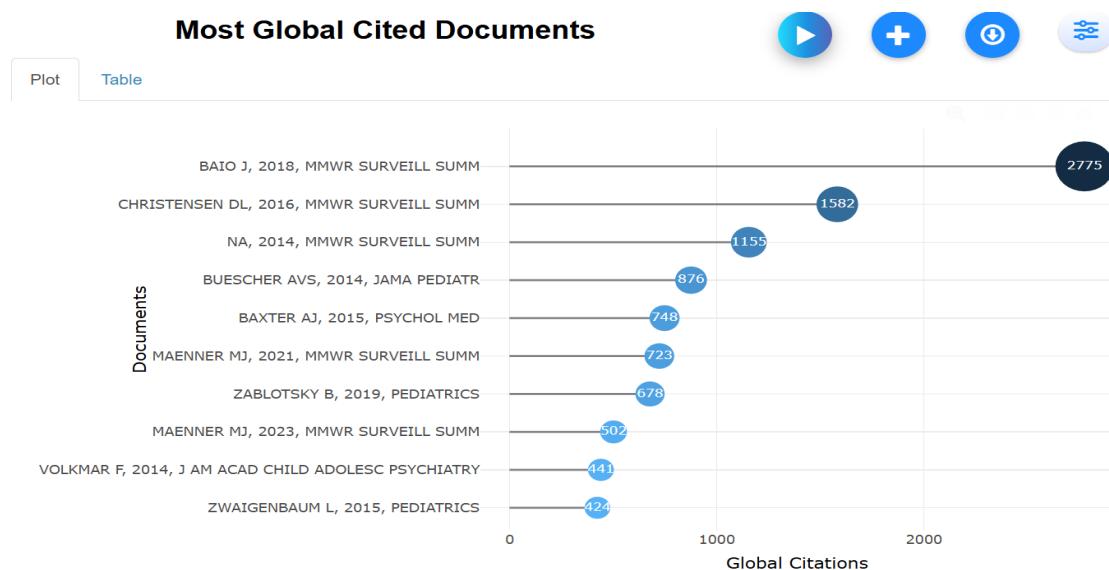


Figure 6. Most Global Cited Documents

8. Word Cloud

Word cloud (**Figure 7**) shows the word digest display. The word cloud visually represents words of varying sizes based on their frequency of occurrence. The more words, the larger the size of the words in the word cloud. The arrangement of words in the word cloud is generally random, but the most frequent word is usually placed at the center with a larger size for better visibility.

The emergence of popular words such as “male” and “female” occurs because the diagnosis of ASD mostly occurs in boys rather than girls, where the symptoms shown in boys and girls

are also different. A recent comprehensive analysis of the global landscape of mental disorders revealed that, in 2019, the age-standardized worldwide prevalence of ASD was 369.4 cases per 100,000 individuals, with a notable predominance in males (GBD 2019 Mental Disorders Collaborators, 2022). The word “Autism” appears because it is the primary or core word of ASD itself, so it is the most used word in the ASD topic trend.

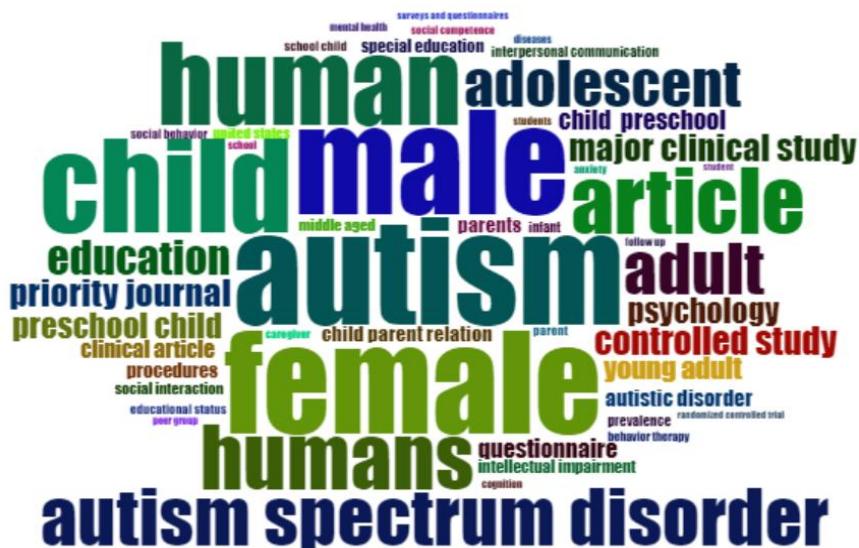


Figure 7. Word Cloud

9. Topic Trend

The 'Topic Trend' (**Figure 8**) in this study illustrates the evolution of a topic over the years. From the diagram, we can observe topics that have been prevalent for an extended period as well as those that have emerged more recently. The emerging topics also align with the frequency of word occurrences in ASD research. If more words are

used, the circle will be larger; if newer words are used, it will be more to the right.

Based on this, the topic that is trending in ASD research at this time (in 2023) is the topic of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), with a frequency of 104. There are demographic topics with a frequency of 50 and sociodemographics with a

frequency of 22 in 2023. The emergence of these topics is because recent research about ASD examines the prevalence of ADHD based on validity issues, namely whether or not it is accurate in diagnosing children with ADHD; sociodemographics factors such as education level, employment status, family income, access to services and care received by individuals; and demographics factors such as age, gender, ethnicity, and socio-economics.

Meanwhile, the most discussed topic in ASD research in the last 10 years (2014 to 2023) is autism, with a frequency of 3261 and a research period from 2017 to 2021. Based on the above, the topics of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), demographics, and sociodemographics can be research opportunities in the future because of the minor frequency of research on ASD topics.

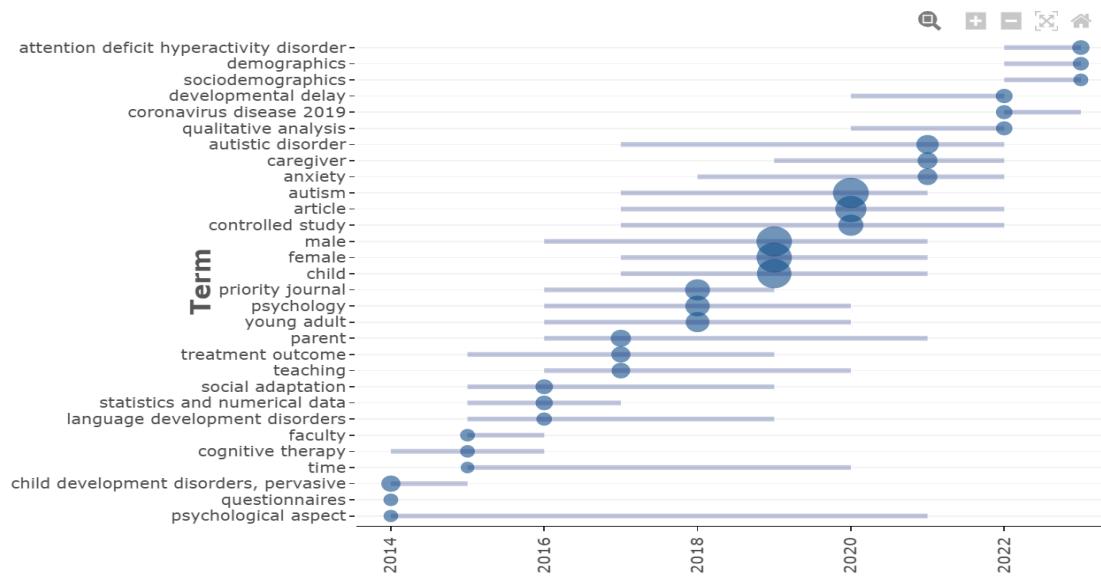


Figure 8. Topic Trend

10. Country Collaboration Map

The Country Collaboration Map (Figure 9) links research from different countries carrying out the same research, especially in this case on the topic of ASD. International collaboration examines how authors work together on research, share knowledge, and the relationships between countries in collaborative efforts (Gu et al., 2021). The dark blue color in the figure indicates that a country engages in extensive collaboration with other nations. Light blue indicates a lack of collaboration, and light gray indicates no

collaboration or affiliation with other countries.

Based on the figure, there is extensive cooperation between the USA and Canada (frequency 51), the USA and United Kingdom (frequency 47), the UK and Australia (frequency 33), the USA and China (frequency 32), followed by USA and Austria (frequency 27) and Australia and Sweden (frequency 25). Meanwhile, other countries cooperate less, and some countries do not cooperate. The data shows that the countries collaborating a lot can be attributed to the complete literature on ASD. The USA is the country that

collaborates most with other countries because many research institutions that deal with ASD and ADHD issues come from the USA. In addition, many articles and authors who publish on ASD and ADHD topics also come from the USA (Lin et al., 2021).

With this bibliometric analysis research on ASD trends, it is hoped that interest in research on ASD topics will increase. Educators and health workers can use this research as one of the references that can be used to see sources, authors, documents, keywords, and which countries are active in writing about ASD topics. This research focuses solely on articles related to Autism Spectrum Disorder (ASD) and analyzes

them using the Biblioshiny application with ten selected aspects. However, another aspect can be explored using the same application: average citations per year, clustering of most productive institutions, thematic maps, collaboration networks, and more. The sample used for this study was limited to articles published until 2023, which means that future developments and changes in the field of ASD may not be represented. The researchers suggest conducting a more comprehensive Bibliometric analysis in the future, exploring other aspects that have not been examined to obtain a more complete understanding of the topic.

Country Collaboration Map

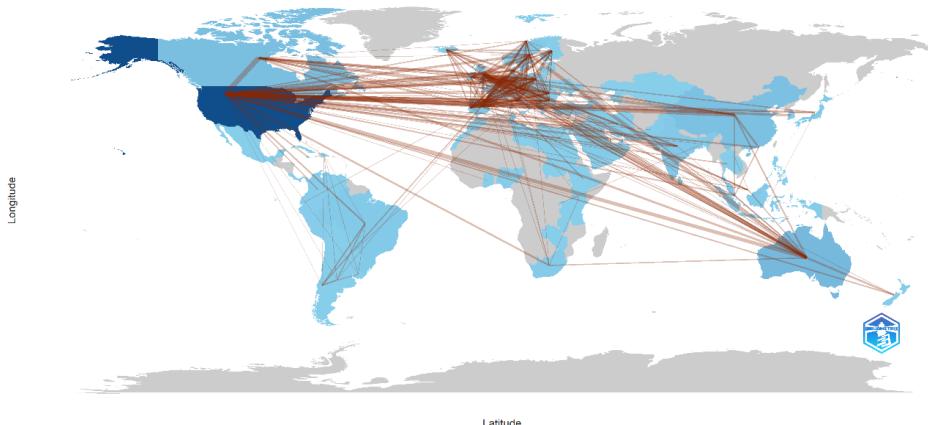


Figure 9. Country Collaboration Map

CONCLUSION

A bibliometric analysis based on the Scopus database with 3879 Autism Spectrum Disorder (ASD) topic documents has provided a comprehensive view of the domain's current status. The Annual Scientific Production results show an increase in the publication of ASD topics, which shows that this topic is still being researched and continues to develop today. In addition, the Most Relevant Source on the topic of ASD, namely the Journal of Autism and Developmental Disorder, can be used as a reference and the primary source of information regarding research on

the topic of ASD. Meanwhile, the topics of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), demographics, and sociodemographics can be future research opportunities. The findings provide a comprehensive overview of how this topic evolves with a solid foundation for further research and collaboration.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to thank the lecturers for their guidance, advice, and support throughout the research process and

in the preparation of this paper. In addition, the author extends appreciation to all friends who have participated in this research and have been willing to share information about the focus of this research.

REFERENCES

- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017) bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377–386. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., & Maenner, M. J. (2018). Centers for Disease Control and Prevention (Cdc). Encyclopedia of Public Health: Principles, People, and Programs: Volume 1-2, 1(6), 104–107.
- Botha, M., & Cage, E. (2022). “Autism research is in crisis”: A mixed method study of researcher’s constructions of autistic people and autism research. *Frontiers in Psychology*, 13(November), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1050897>
- Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2001). Pervasive Developmental Disorders in Preschool Children. *JAMA*, 285(24), 3093–3099. <https://doi.org/10.1001/jama.285.24.3093>
- Cooper, D. (2015). Bibliometrics basics. *Journal of the Medical Library Association*, 103(4), 217–218. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.103.4.013>
- The authors affirm that there is no conflict of interest related to the publication of this article and confirm that the paper is original and free from plagiarism.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133(March), 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- GBD 2019 Mental Disorders Collaborators. (2022). Global, regional, and national burden of 12 mental disorders in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Psychiatry*, 9(2), 137–150. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(21\)00395-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(21)00395-3)
- Gu, Z., Meng, F., & Farrukh, M. (2021). Mapping the Research on Knowledge Transfer: A Scientometrics Approach. *IEEE Access*, 9, 34647–34659. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061576>
- Hernández-Torрано, D., & Ibrayeva, L. (2020). Creativity and Education: Bibliometric Mapping of the Research Literature (1975-2019). *Thinking Skills and Creativity*, 35, 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100625>
- Hodges, H., Fealko, C., & Soares, N. (2020). Autism spectrum disorder: Definition, epidemiology, causes, and clinical evaluation. *Translational Pediatrics*, 9(8), S55–S65. <https://doi.org/10.21037/tp.2019.09.09>
- Irvan, M. (2017). Gangguan Sensory Integrasi Pada Anak Dengan. *Jurnal Buana Pendidikan*, XII (23), 14.

- Jiu, C. K., & Rungreangkulkij, S. (2019). The Meaning of Having An Autistic Child in Malay Family Indonesia. *Unnes Journal of Public Health*, 8(2), 73–80.
<https://doi.org/10.15294/ujph.v0i0.29527>
- Khan, H. M. R., Ahmad, S., Javed, R., & Nasir, N. (2023). The Significance of Artificial Intelligence in Business and Accounting: A Bibliometric Analysis. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, 11(2), 1061–1082.
<https://doi.org/10.52131/pjhss.2023.1102.0417>
- Lin, C. H., Chien, T. W., & Yan, Y. H. (2021). Predicting the number of article citations in the field of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) with the 100 top-cited articles since 2014: a bibliometric analysis. *Annals of General Psychiatry*, 20(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1186/s12991-021-00329-3>
- Loomes, R., Hull, L., & William Polmear Locke, M. (2017). What Is the Male-to-Female Ratio in Autism Spectrum Disorder? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 56(6), 466–474.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.03.013>
- Maenner, M. J., Warren, Z., Williams, A. R., Amoakohene, E., & Bakian, A. V. (2023). Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2020. *MMWR Surveill Summ*, 72(2), 1–14.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss7202a1>
- Nandiwardana, A., Sari, I. P., Istiyah, J., Muhammad, R. M., & Arrahim, D. (2024). Tren Riset Visuospasial pada Aritmetika: Analisis Bibliometrik. *Jurnal Psikologi Talenta Mahasiswa*, 3(4).
- Peña-Cristóbal, M., Diniz-Freitas, M., Monteiro, L., Dios, P. D., & Warnakulasuriya, S. (2018). The 100 most cited articles on oral cancer. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 47(4), 333–344.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jop.12686>
- Simatupang, R. M., & Handayani, R. M. M. (2015). Pola Relasi Saudara pada Remaja yang Memiliki Saudara dengan Gangguan Spektrum Autisme Ribka Mutiara Simatupang. *Jurnal Psikologi Klinis Dan Kesehatan Mental*, 04(01), 1–8.
- Stilling, R. M., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2014). Microbial genes, brain & behaviour - epigenetic regulation of the gut-brain axis. *Genes, Brain and Behavior*, 13(1), 69–86.
<https://doi.org/10.1111/gbb.12109>
- Yumni, F. L., & Ramadhan, S. (2023). Dukungan Sosial Pada Keluarga Yang Memiliki Anak Autisme Di Rumah Anak Berkebutuhan Khusus. *Jurnal Penelitian Keperawatan*, 9(1), 53–58.

KEANEKARAGAMAN GASTROPODA DAN BIVALVIA DI PANTAI TALANG SIRING KABUPATEN PAMEKASAN, MADURA

Andriansyah^{1*}, Akhmad Fathir²
Universitas Islam Madura¹²
ryanandriansyah720@gmail.com¹

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia di zona intertidal Pantai Talang Siring, Kabupaten Pamekasan, Madura. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan transek kuadrat dengan tiga garis transek utama, masing-masing terdiri dari lima plot kuadrat berukuran 1x1 meter. Sampel Gastropoda dan Bivalvia dikumpulkan, di identifikasi dan dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Hasil penelitian menemukan empat famili Gastropoda (Costellariidae, Muricidae, Nassariidae, dan Cheritideidae) dengan total empat spesies, serta lima famili Bivalvia (Arcidae, Tellinidae, Veneridae, Mactridae, dan Solinidae) dengan total enam spesies. Indeks keanekaragaman Gastropoda adalah 1,04, sedangkan Bivalvia mencapai 1,64 dengan total indeks keanekaragaman sebesar 2,68 (kategori sedang). Penelitian ini mengindikasikan bahwa kondisi ekologi Pantai Talang Siring masih cukup baik untuk mendukung kehidupan Gastropoda dan Bivalvia.

Kata Kunci: keanekaragaman, Gastropoda, Bivalvia, Pantai Talang Siring

PENDAHULUAN

Pamekasan merupakan Kabupaten yang berada di pulau Madura dengan luas wilayah 792,30 km² dengan garis pantai yang memanjang sekitar 52 km² (Fa'izah & Nur, 2024; Itsnaini *et al.*, 2024). Banyaknya pantai di Kabupaten ini menjadikan sebagian besar masyarakat mempunyai mata pencarian sebagai nelayan. Menurut Suhaimi *et al.*, (2023), sebanyak 30% masyarakat di Kabupaten Pamekasan memiliki mata pencarian sebagai nelayan. Tak khayal, dengan banyaknya destinasi wisata di kabupaten ini sebagian besar diantaranya merupakan wisata pantai. Salah satu pantai yang banyak dikenal di Kabupaten Pamekasan adalah Pantai Talang Siring yang terletak di desa Montok Kecamatan Larangan (Zahiroh *et al.*, 2023).

Pantai Talang Siring memiliki tekstur substrat lempung berpasir dengan vegetasi mangrove-nya yang tumbuh indah di sepanjang garis pantainya (Fikriyah *et al.*, 2024; Firmansyah *et al.*, 2023). Vegetasi mangrove ini memiliki fungsi

ekologis di sekitar pantai sebagai tempat biota laut melangsungkan hidupnya seperti mencari makan dan berkembang biak (Naibaho *et al.*, 2022). Selain itu, mangrove juga dapat menghasilkan nutrisi yang dapat mendukung kehidupan biota kecil seperti Gastropoda dan Bivalvia (Insani *et al.*, 2024).

Gastropoda dan Bivalvia merupakan dua jenis Moluska yang hampir memiliki kesamaan dari segi anatomi dasar, fisiologi, dan *live history* (Hughes & Girguis, 2023). Gastropoda merupakan hewan Invertebrata yang menggunakan perutnya untuk bergerak dan hidup di daerah pasang surut seperti lamun (Bahar *et al.*, 2022; Novinta & Adharini, 2022). Gastropoda atau yang biasa dikenal sebagai siput atau keong, memiliki bentuk tubuh lunak dengan simetri bilateral. hewan ini dilengkapi dengan mantel tertutup yang berperan dalam pembentukan cangkang serta memiliki kaki dibagian ventral. Struktur tubuh Gastropoda beragam, dengan cangkang berulir yang berfungsi

sebagai pelindung (rangka luar) dan dilengkapi dengan tentakel dan mata, serta kaki yang lebar dan berotot yang digunakan untuk bergerak (Perada, 2023). Gastropoda memiliki peranan penting dalam ekosistem laut khususnya dalam rantai makanan di laut. Gastropoda merupakan makanan alami bagi berbagai spesies ikan dan burung di laut (Haumahu *et al.*, 2024).

Bivalvia merupakan jenis Moluska yang biasa dikenal sebagai kerang-kerangan (Priani *et al.*, 2022). Moluska ini termasuk hewan Invertebrata yang memiliki cangkang setangkup dengan otot yang kuat, kepala tidak berkembang dengan baik, kaki yang berbentuk kapak dan memiliki insang tipis berlapis-lapis yang terletak diantara mantelnya serta dilengkapi dengan gigi engsel dan ligamen, sementara mulutnya memiliki *labial pulp* tetapi tidak memiliki rahang atau radula (Afriyansyah *et al.*, 2023; Alhamdi *et al.*, 2024).

Berbagai jenis Gastropoda dan Bivalvia, banyak ditemukan di ekosistem mangrove yang hidup di permukaan substrat dan di dalam substrat (Yanti *et al.*, 2022). Keberadaan Gastropoda dan Bivalvia yang beranekaragam dapat menjadi indikasi bahwa lingkungan disekitarnya memiliki kualitas yang baik (Harefa *et al.*, 2024). Kelimpahan dan penyebaran Moluska di suatu perairan dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik serta toleransinya terhadap setiap faktor lingkungan (Rostikawati *et al.*, 2024).

Penelitian tentang Gastropoda dan bivalvia di Pamekasan masih belum mendalam, seperti yang dilakukan oleh Rahardian *et al.*, (2024) di 2 tempat yaitu di Pantai Song Osong, Sampang dan di Pantai Branta, Pamekasan. Dan pada penelitian Rahmasari (2015) melakukan penelitian di

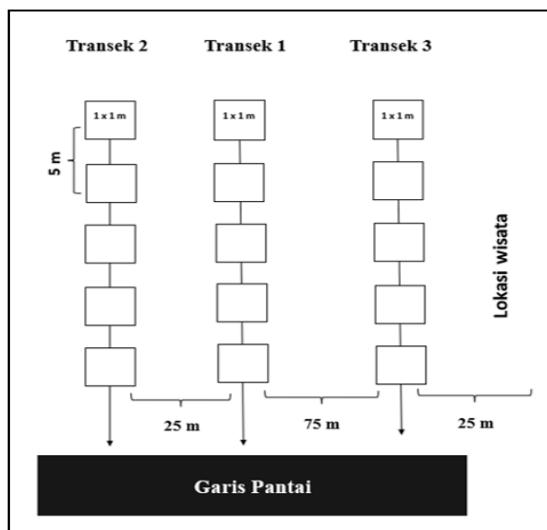
Pantai Utara Pamekasan yaitu Pantai Talang Siring dan Pantai Jumiang. Dari kedua penelitian tersebut masih belum ada penelitian di wilayah Pantai Pamekasan yang fokus pada Pantai Talang Siring saja, sehingga kurangnya kajian mendalam tentang keanekaragaman Gastropoda dan sebarannya di setiap titik zona intertidal di Pantai Talang Siring.

Oleh karena itu, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia di dasar intertidal Pantai Talang Siring.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan pada 7 Oktober 2023 pada pukul 08.48 – 09.50 WIB pada saat surut terjauh di Pantai Talang Siring (Gambar 2). Pengambilan sampel menggunakan metode transek, dengan menempatkan tiga garis transek ke arah laut.

Pada masing-masing garis transek dibagi menjadi tiga bagian, yaitu transek satu, transek dua dan transek tiga. Setiap garis transek diletakkan masing-masing lima plot kuadrat dengan jarak antar plot sejauh 5 meter dengan ukuran 1x1 m² (gambar 1). Sampel pada setiap plot kuadrat diambil dengan cara digali sampai kedalaman 5 cm. Semua jenis Gastropoda dan Bivalvia dalam plot kuadrat disortir dan dihitung jumlah setiap jenisnya dan diidentifikasi menggunakan buku *Recent & Fossil Indonesian Shells* (Dharma, 2005). Kemudian menghitung indeks keanekaragaman menggunakan rumus Shanon-Wiener dan hasil data disajikan dalam bentuk deskriptif dengan bantuan Microsoft excel dan gambar.



Gambar 1. Desain penelitian transek kuadrat

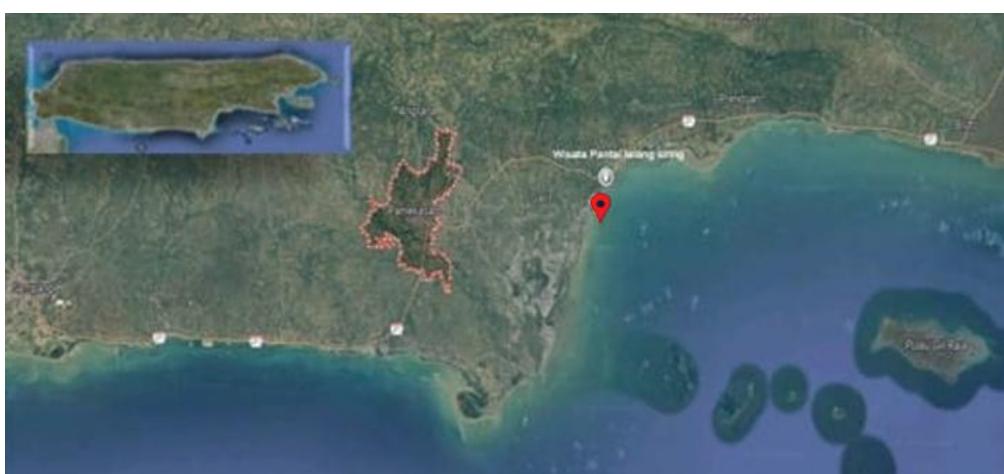
Rumus indeks kenekekaragaman (H')
Shanon-Wiener (Odum 1993) adalah
sebagai berikut:

$$H' = -(\sum p_i \ln p_i)$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman
Jenis P_i = n_i/N
 n_i = jumlah individu dari
masing-masing spesies

N = jumlah seluruh individu
Dengan kriteria sebagai berikut:
 $H > 3.0$ = kenakeraaganan tinggi
 $1 < H < 3$ = keanekaragaman sedang
 $H < 1$ = keanekaragaman rendah



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Gastropoda Dan Bivalvia Yang Ditemukan

Hasil identifikasi Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan, ditemukan Gastropoda yang terdiri dari 4 jenis famili yaitu Costellariidae, Muricidae, Nassariidae dan

Tabel 1. Kelas Gastropoda

No.	Spesies	Famili	Transek			Jumlah (Σ)
			1	2	3	
1.	<i>Vexillum</i> sp.	Costellariidae	-	-	7	7
2.	<i>Orania livida</i>	Muricidae	3	11	18	32
3.	<i>Nassarius pullus</i>	Nassariidae	17	6	11	34
4.	<i>Cerithidea cingulata</i>	Cherithideidae	-	-	2	2
Jumlah			20	17	38	75

Tabel 2. Kelas Bivalvia

No	Spesies	Famili	Transek			Jumlah (Σ)
			1	2	3	
1.	<i>Anadara antiquata</i>	Arcidae	-	1	1	2
2.	<i>Tellina palatum</i>	Tellinidae	2	-	1	3
3.	<i>Tellina timorensis</i>	Tellinidae	3	3	-	6
4.	<i>Callista erycina</i>	Veneridae	-	2	-	2
5.	<i>Harvella puicatria</i>	Mactridae	-	6	-	6
6.	<i>Solen truncata</i>	Solinedae	6	3	-	9
Jumlah			11	15	2	28

Pada tabel 1 menunjukkan jenis spesies Gastropoda terbanyak berada pada transek 3, yaitu *Orania livida* sebanyak 18 individu. Spesies dari famili Muricidae ini, tersebar luas diseluruh dunia dan banyak ditemukan pada perairan pasang surut sejauh 6000 m (Russini *et al.*, 2023). Sedangkan pada Bivalvia, jenis spesies terbanyak terdapat pada transek 2, yaitu *Harvella puicatria* sebanyak 6 individu (Tabel 2). Organisme ini hidup sebagai infaunal, dengan cara menggali ke dalam pasir atau lumpur di dasar laut yang biasanya ditemukan dalam jumlah besar di pantai berpasir yang dangkal dibawah garis air surut (Wijaya *et al.*, 2023).

Cherithideidae dengan total 4 spesies. Sedangkan pada Bivalvia, terdiri dari 5 jenis famili yaitu Arcidae, Tellinidae, Veneridae, Mactridae dan Solinedae dengan total 6 spesies yang tersebar di semua transek pengamatan (Tabel 1&2).

Banyaknya jenis Gastropoda Pada transek 3 kemungkinan disebabkan oleh posisi transek berada di bagian atas yang dekat dengan pohon mangrove dan dekat dengan lokasi wisata, yang memiliki jenis substrat dasar lempung berpasir yang cocok sebagai tempat hidup dan berkembangnya Gastropoda. Jenis yang ditemukan pada transek tiga ini yang terbanyak dibandingkan kedua transek lainnya. Hal itu, kemungkinan disebabkan oleh banyaknya pohon mangrove yang menjadi tempat untuk perlindungan serta sumber makanan yang berlimpah bagi Gastropoda (Insani *et al.*, 2024). Selain itu, kemampuan yang dimiliki oleh Gastropoda

dalam beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrem seperti lokasi wisata yang mudah di akses masyarakat, tidak menjadi masalah bagi Gastropoda untuk bertahan hidup. Pernyataan ini sejalan dengan Ardiansyah *et al.*, (2023), bahwa Gastropoda lebih mudah beradaptasi dibandingkan dengan kelas lainnya karena ketahannanya di kondisi lingkungan yang ekstrem.

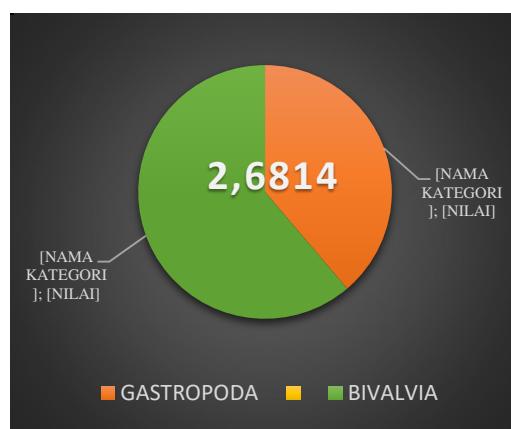
Gastropoda memiliki preferensi habitat yang beragam, dengan sebagian besar (72,73%) hidup di substrat seperti tanah, pasir atau lumpur. Sementara sisanya (27,27%) berada di vegetasi mangrove termasuk akar, batang dan daun (Mawardi *et al.*, 2023). Gastropoda biasanya tinggal di tempat yang basah, agar mereka dapat dengan mudah berpindah ke tempat lain dan distribusi nutrisi yang melimpah di daerah pesisir pantai, menjadi penyebab banyaknya jenis Gastropoda yang terdapat di sekitar lokasi wisata (Pratama *et al.*, 2021; Yanti *et al.*, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Saleky (2019), keberadaan Gastropoda yang melimpah di zona intertidal yang berbatasan dengan daratan diakibatkan karena ketersediaan makanan yang melimpah dan seringkali dipenuhi oleh serasah dan bahan makanan lainnya yang dibawa oleh hembusan ombak.

Sedangkan pada Bivalvia, banyaknya jenis pada transek 2 kemungkinan disebabkan oleh lokasi transek yang jauh dari area wisata sehingga mendukung terhadap lingkungan hidup

yang stabil bagi Bivalvia. Menurut Insani *et al.*, (2024), gangguan antropogenik yang lebih sedikit seperti polusi, kebisingan dan perubahan habitat akibat aktivitas manusia dapat menciptakan kondisi lingkungan yang lebih stabil dan mendukung bagi kehidupan Bivalvia. Selain itu, perbedaan pH yang terdapat di transek yang dekat dengan lokasi wisata, kemungkinan memiliki pH yang kurang mendukung terhadap kehidupan Bivalvia. Bivalvia hidup pada pH dengan kisaran 5,8-8,3 (Ardiansyah *et al.*, 2023).

Hasil Analisis Indeks Keanekaragaman Gastropoda Dan Bivalvia

Indeks keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Talang Siring menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Pada Gastropoda menunjukkan sebanyak 1,04 dan tergolong kategori sedang, spesies yang paling mendominasi adalah *Nassarius pullus* dari famili Nassariidae yaitu sebanyak 34 individu. Sedangkan pada Bivalvia menunjukkan 1,64 dengan jenis spesies yang mendominasi adalah *Solen truncata* dari famili Solinidae sebanyak 9 individu (gambar 3). Indeks keanekaragaman jenis Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan Madura, secara total berjumlah 2,68. Hal tersebut menunjukkan bahwa di pantai tersebut memiliki keanekaragaman yang sedang dan dalam kondisi perairan yang baik.



Gambar 3. Indeks keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia

Nilai indeks keanekaragaman dan kemerataan tipe vegetasi akan menurun jika spesies memiliki populasi individu yang tidak seimbang atau berlebihan (Ilma Rahmawati *et al.*, 2022). Namun di Pantai Talang Siring, kedua jenis Moluska (Gastropoda dan Bivalvia) masih dapat mentolerir kondisi lingkungannya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sonya *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa, Nilai indeks keanekaragaman pada Gastropoda dan Bivalvia yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa kedua jenis Moluska tersebut masih dapat mengatasi kondisi lingkungan perairan dan kelangsungan hidup mereka, hal ini juga disebabkan oleh kondisi ekologi yang cukup seimbang dan memiliki produktivitas yang cukup. Perubahan kadar garam akibat aktivitas manusia juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi keberagaman Moluska seperti Gastropoda dan Bivalvia (Keerthana *et al.*, 2023). Selain itu, gelombang dan arus laut turut menentukan distribusi mereka di zona pasang surut, Gastropoda dengan cangkang yang tebal lebih dominan di zona pasang yang tinggi karena mampu bertahan dari ombak yang kuat, sedangkan Bivalvia cenderung hidup di zona pasang rendah yang lebih tenang, dimana mereka dapat menggali substrat untuk perlindungan (Caril *et al.*, 2023).

Pada penelitian Rahmasari (2015) di Pantai Utara Pamekasan Madura, menunjukkan nilai yang lebih tinggi yaitu 3,01 dan tergolong kategori tinggi. Sedangkan pada penelitian Fatonah *et al.*, (2023) di Pantai Tanjung Rising Kepulauan Bangka Belitung menunjukkan indeks keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia berada pada kategori rendah. Pada penelitian Rohmayani *et al.*, (2021), di Pantai Utara Laut Jawa, Indonesia menunjukkan kategori keanekaragaman sedang. Perbedaan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman Moluska di berbagai lokasi, menunjukkan bahwa faktor lingkungan berperan penting dalam

distribusi dan pelaporan Gastropoda dan Bivalvia. Kondisi fisik perairan, tingkat salinitas, jenis substrat, serta tekanan aktivitas manusia dapat mempengaruhi ekosistem pantai.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Pantai Talang Siring, Kabupaten Pamekasan memiliki keanekaragaman Gastropoda dan Bivalvia yang berada dalam kategori sedang, dengan indeks keanekaragaman total sebesar 2,68. Distribusi Gastropoda lebih banyak ditemukan di lokasi yang berdekatan dengan vegetasi mangrove dan kawasan wisata, yang kemungkinan disebabkan oleh tersedianya sumber makanan yang melimpah serta perlindungan yang diberikan oleh ekosistem mangrove. Sebaliknya, Bivalvia cenderung lebih melimpah di area yang lebih jauh dari aktivitas wisata, yang menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti populasi, perubahan habitat dan gangguan antropogenik berpengaruh terhadap keberadaan distribusi moluska ini.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengindikasikan bahwa kondisi ekologi di Pantai Talang Siring masih cukup baik untuk mendukung kehidupan Gastropoda dan Bivalvia, meskipun terdapat beberapa pengaruh dari aktivitas manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Islam Madura yang ikut serta membantu penelitian ini. Saya berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biologi.

DAFTAR PUSTAKA

Afriyansyah, B., Insyira, R., Papingka, T., Islamiyah, U., Syazili, A., Lissoliha, L., Edelweis, M. A., Roshan, R. A., Meilya, R., Julisa, S. I., Tiwi, R.,

- Fauziyah, Z., Rangga, M. Y., Septiani, H., Pratoyo, G. H., Winanto, W., Lingga, R., & Henri, H. (2023). Studi Perbandingan Keanekaragaman Bivalvia Dan Gastropoda Pada Pulau-Pulau Kecil Di Bangka. *Jurnal Ruaya : Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 11(1). <https://doi.org/10.29406/jr.v11i1.4369>
- Alhamdi, J. S., Tuaputty, H., Arini, I., & Rehena, J. F. (2024). Analisis Kadar Protein Dan Lemak Bivalvia (Atrina Vexillum) Di Perairan Pantai Desa Waai Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. *Biopendix*, 11, 97–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.3059/8/biopendixvol11issue1page97-101>
- Alita, A., Henri, H., Lingga, R., Sonia, A., Fitri, G., Putri, S. G., & Salsabila, A. (2021). Keanekaragaman Bivalvia dan Gastropoda di Pulau Nangka Kabupaten Bangka Tengah. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 6(1), 23–34. <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v6i1.2572>
- Ardiansyah, A., Paryono, P., & Waspodo, S. (2023). Diversity of Gastropods and Bivalvia in Jukung Bay Waters, Pemongkong Village, Jerowaru District, East Lombok Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4). <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5568>
- Bahar, I., Taskirah, A., & Balawatun, J. (2022). Keanekaragaman Gastropoda Di Pantai Kabupaten Kepulauan Aru Kecamatan Aru Selatan Utara. *Celebes Biodiversitas : Jurnal Sains Dan Pendidikan Biologi*, 5(2). <https://doi.org/10.51336/cb.v5i2.350>
- Caril, A. N., Vergara, R. L., Santos, R. R. C., Estandarte, M. L. A., Bernabe, J., Aggabao, M. J., Bantigue, P. C., Guinto, A., & Saguil, N. A. (2023). Diversity of marine macro molluscan bivalves and gastropods in the intertidal areas of Barangay Paniman, Caramoan, Camarines Sur, Philippines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1278(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1278/1/012010>
- Dharma, B. (2005). *Recent & Fossil Indonesian Shells*. ConchBooks.
- Fa'izah, & Nur, S. A. (2024). *Analisis Dampak Operasional Tambak Intensif Udang Vannamei (Litopenaeus Vannamei) terhadap Mata Pencaharian Masyarakat di Desa Tlesah, Kabupaten Pamekasan* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/116234>
- Fatonah, C. N., Ningtias, R. A., Pertiwi, M. P., & Rostikawati, R. T. (2023). Keanekaragaman Spesies Bivalvia dan Gastropoda di Pantai Tanjung Rising Kepulauan Bangka Belitung. *Ilmu Dasar*, 24(1), 57–64. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JID>
- Fikriyah, A., Ahied, M., & Qomaria, N. (2024). Developing science magazine integrated with contextual teaching and learning approach based on local potential in talang siring beach, Indonesia. *Biosfer*, 17(1), 45–52. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.32057>
- Firmansyah, M. E., Effendi, A. A., Rosanti, N. P., Herdiawan, B., & Afnan, M. Z. (2023). Identifikasi Burung Pantai di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan. *Sains Dan Matematika*, 7(2), 77–82. <https://doi.org/10.26740/sainsmat.v7n2.p77-82>
- Harefa, M. S., Nasution, Z., Tuhono, E., Susilowati, A., & Wulandari, W. (2024). Diversity of bivalve and gastropod species in mangrove restoration areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1352(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1352/1/012062>
- Haumahu, S., Wattimury, M. E., &

- Supusepa, J. (2024). Kelimpahan dan keragaman gastropoda di zona intertidal Negeri Makariki, Maluku Tengah, Indonesia. *Jurnal Laut Pulau: Hasil Penelitian Kelautan*, 3(1), 38–48. <https://doi.org/10.30598/jlpvol3iss1pp38-48>
- Hughes, I. V., & Girguis, P. R. (2023). A molluscan class struggle: exploring the surprisingly uneven distribution of chemosymbiosis among two major mollusk groups. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1167803>
- Ilma Rahmawati, Sulistijorini, S., & Ibnu Qayim. (2022). Diversity of forest floor vegetation in Napabalano Nature Reserve and Warangga Protection Forest, Southeast Sulawesi. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2). <https://doi.org/10.24252/bio.v10i2.28578>
- Insani, R. F., Syukur, A., & Suyantri, E. (2024). Diversity of Molluscs (Gastropoda and Bivalve) associated with Mangrove species in Dondon Beach and Gerupuk Beach, Central Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 542–562. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1.6614>
- Itsnaini, F., Rahman, T., Murni, S. R., Hai, N., Mila, D., Puli, K., Mangkok, K., Makan, R., Murni, S. R., Hai, N., Mila, D., Puli, K., Usaha, P., & Halal, S. (2024). *Analisis Peluang Dan Tantangan Pengembangan Bisnis Umkm Pasca Sertifikasi Halal (Studi Pelaku Umkm Makanan Dan Minuman) Di Kabupaten Pamekasan*. 06(02), 1–9.
- Keerthana, M., Arisekar, U., Kingston, S. D., & Sudhan, C. (2023). Malacofaunal diversity (Gastropods and Bivalves) along the mangrove forest area of the Gulf of Mannar marine biosphere region, South India. *Regional Studies in Marine Science*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103201>
- Mawardi, A. L., Khalil, M., Sarjani, T. M., & Armanda, F. (2023). Diversity and habitat characteristics of gastropods and bivalves associated with mangroves on the east coast of Aceh Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(9). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240959>
- Naibaho, A. A., Harefa, M. S., Nainggolan, R. S., & Alfiaturrahmah, V. L. (2022). Investigasi Pemanfaatan Hutan Mangrove dan Dampaknya Terhadap Daerah Pesisir di Pantai Mangrove Paluh Getah, Tanjung Rejo. *J-CoSE: Journal of Community Service & Empowerment*, 1(1). <https://doi.org/10.58536/j-cose.v1i1.3>
- Novinta, H., & Adharini, R. I. (2022). Struktur Komunitas dan Asosiasi Gastropoda pada Ekosistem Lamun di Pulau Harapan, Kepulauan Seribu. *Jurnal Kelautan Nasional*, 17(3). <https://doi.org/10.15578/jkn.v17i3.9766>
- Perada, M. M. (2023). Keanekaragaman dan Kelimpahan Gastropoda di Pantai Nuhanera Desa Tapobaran Kecamatan Lebatukan Kabupaten Lembata. *Widina Bhakti Persada*.
- Pratama, D., Fatma, D., Ritman, & Bustamin. (2021). Keanekaragaman Jenis Gastropoda di Desa Ampibabo Timur Kecamatan Ampibabo Kabupaten Parigi Moutong dan Pemanfaatannya Sebagai Sumber Belajar. *Jurnal Kreatif Online (JKO)*, 9(3).
- Priani, N. K., Mawardi, A. L., & Elfrida, E. (2022). Dinamika Populasi Bivalvia di Pesisir Kuala Tanjung, Kabupaten Batu Bara. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(1). <https://doi.org/10.24815/jbe.v14i1.25471>
- Rahardian, M., Haqqi, A., Sholichah, D.

- M., Ashila, J., Reza, A. D., Indrawan, M., Dadiono, M. U. H. S., Yap, C. K., Adha, K., Rahim, B. I. N. A., & Setyawan, A. D. W. I. (2024). *Diversity and composition of Crustacean and Mollusk in mangrove area of Sampang and Pamekasan Districts , Madura Island , Indonesia*. 8(2), 59–71. <https://doi.org/10.13057/oceanlife/o080201>
- Rahmasari, T., Purnomo, T., & Ambarwati, R. (2015). Keanekaragaman dan kelimpahan gastropoda di Pantai Selatan Kabupaten Pamekasan, Madura. *Biosaintifika; Journal of Biology & Biology Education*, 7(1).
- Rohmayani, V., Sari M., E. T., Romadhon, N., & Wahyuni, H. I. (2021). Diversity of Bivalvia, Gastropoda and Holothuroidea in Intertidal Zone of North Javan Sea Coastal, Indonesia. *Jurnal Biologi UNAND*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.25077/jbioua.9.1.1-7.2021>
- Rostikawati, R. T., Ningtias, R. A., Manullang, E., Fauzia, D. N., & Pertiwi, M. P. (2024). The Diversity of Molluscs (Bivalves and Gastropods) in the Intertidal Zone of Mutun Coastal, Padang Cermin, Lampung. *Journal Of Biology Education Research*, 5(1), 1–10. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/jber/article/view/9683/4751>
- Rukmana, Y. T. A., & Purnomo, T. (2019). Keanekaragaman dan Kelimpahan Gastropoda di Pantai Barung Toraja Sumenep, Madura. *Lentera Bio*, 08(03).
- Russini, V., Fassio, G., Nocella, E., Houart, R., Barco, A., Puillandre, N., Lozouet, P., Modica, M. V., & Oliverio, M. (2023). Whelks, rock-snails, and allied: a new phylogenetic framework for the family Muricidae (Mollusca: Gastropoda). *European Zoological Journal*, 90(2). <https://doi.org/10.1080/24750263.2023.2283517>
- Saleky, D., Leatemia, S. P., Yuanike, Rumengan, I., & Putra, I. N. G. (2019). Distribusi temporal gastropoda pada zona intertidal berbatu di Pesisir Utara Manokwari, Papua Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 3(1).
- Sonya, N. T. M., Bullu, N. I., & Lusi, N. M. (2023). Diversity of Mollusca Types (Bivalves and Gastropods) on Oesosole Beach As A Source for Learning Biology in Booklet Form. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9928–9936. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5155>
- Suhaimi, Suhud, M., Hamid, A., & Romlah, S. (2023). Analisis Penerapan Manajemen Pengelolaan Keuangan Hasil Tangkap Ikan Pada Nelayan Kapal Motor Pukat Cincin (Purse Ceine) Desa Bandaran Kecamatan Tlanakan Kabupaten Pamekasan. *Revenue: Jurnal Ekonomi Pembangunan Dan Ekonomi Islam*, 6(01). <https://doi.org/10.56998/jr.v6i01.62>
- Wijaya, C. B., Ambarwati, R., & Isnatingsih, N. R. (2023). Short Communication: New records of Mactra clams (Bivalvia: Mactridae) from Madura Island, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241230>
- Yanti, M., Susiana, S., & Kurniawan, D. (2022). Struktur Komunitas Gastropoda dan Bivalvia di Ekosistem Mangrove Perairan Desa Pangkil Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 5(2). <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v5i2.4063>
- Yuliantari, R. V., Novianto, D., Hartono, M. A., & Widodo, T. R. (2021). Pengukuran Kejenuhan Oksigen Terlarut pada Air menggunakan Dissolved Oxygen Sensor. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung*

- Mangkurat*, 18(2).
<https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.9997>
- Zahiroh, N., Dinanti, D., & Rachmawati, T. A. (2023). Penilaian Potensi Daya Tarik Wisata Unggulan Kabupaten Pamekasan. *Planning for Urban ...*, 12(0341), 2018–2023. <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/616>

EVALUASI KARAKTERISTIK SENSORI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KOMBUCHA SABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.) BERDASARKAN LAMA FERMENTASI

Wahyu Sukma Sejati^{1*}, Sriwulan², Nia Nurfitria³
Universitas PGRI Ronggolawe, Tuban, Jawa Timur^{1,2,3}
wahyusukma121@gamil.com¹

Abstrak: Kombucha merupakan salah satu produk minuman yang dihasilkan melalui proses fermentasi. Fermentasi kombucha melibatkan penggunaan SCOPY yang mengandung bakteri dan ragi. Kombucha awalnya dikembangkan dengan fermentasi terhadap daun teh dan diketahui memiliki banyak manfaat kesehatan salah satunya sebagai antioksidan. Saat ini eksplorasi terhadap bahan dalam pembuatan kombucha terus dikembangkan. Salah satu bahan potensi dalam pengembangan produk kombucha adalah sabut siwalan. Sabut siwalan merupakan salah satu limbah agroindustri yang keberadaannya cukup melimpah dengan pemanfaatan yang masih belum optimal. Sabut siwalan diketahui memiliki beberapa kandungan bioaktif, sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pembuatan kombucha. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakter sensoris dan aktivitas antioksidan dari kombucha sabut siwalan. Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan dalam penelitian ini adalah lama waktu fermentasi yang terdiri dari 7, 10, dan 14 hari dengan ulangan sejumlah 6. Evaluasi karakter sensori dilakukan dengan uji organoleptik yang melibatkan 15 responden agak terlatih. Sedangkan aktivitas antioksidan diuji dengan metode DPPH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu fermentasi berpengaruh terhadap karakter aroma, rasa, dan aktivitas antioksidan, akan tetapi tidak berpengaruh terhadap karakter warna. Waktu fermentasi 10 hari menghasilkan rerata skor tertinggi dalam parameter warna dan rasa, sedangkan skor tertinggi parameter aroma adalah waktu 7 hari fermentasi. Sementara aktivitas antioksidan tertinggi ditunjukkan oleh kombucha sabut siwalan yang difermentasi selama 14 hari.

Kata Kunci: aktivitas antioksidan, kombucha, sabut siwalan, sensori

PENDAHULUAN

Fermentasi merupakan salah satu metode pengolahan pangan tertua dan telah dimanfaatkan dalam proses produksi berbagai minuman tradisional. Proses ini berperan dalam pengawetan alami untuk meningkatkan nilai fungsional produk dengan melibatkan transformasi biokimia substrat oleh mikroorganisme seperti bakteri asam laktat (BAL), khamir, dan kapang (Nafisah *et al.*, 2024). Hasil dari proses fermentasi tersebut menghasilkan berbagai senyawa bioaktif termasuk enzim, asam organik, dan vitamin yang berkontribusi terhadap karakteristik sensori (Nurhayati *et al.*, 2020; Setiyono *et al.*,

2024). Dengan demikian, produk yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut bisa dijumpai dalam berbagai rasa dan kondisi yang berbeda-beda tergantung jenis mikroba yang digunakan. Salah satu produk fermentasi yang sudah dikenal dan berkembang di dunia adalah minuman fermentasi kombucha (Lianto & Tiffany, 2025).

Kombucha adalah minuman teh fermentasi dengan bantuan mikroorganisme simbiotik yang dikenal sebagai *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOPY), yang terbukti menghasilkan senyawa bioaktif seperti asam asetat, asam glukuronat, serta senyawa fenolik yang

tinggi (Fadhilah *et al.*, 2024; Harmini & Amalina, 2024; Khamidah & Antarlina, 2020). Khasiat kombucha juga mencakup peningkatan sistem imun, detoksifikasi hati, dan penghambatan pertumbuhan sel kanker (Kolompoj *et al.*, 2024). Namun, bahan dasar kombucha secara umum masih didominasi oleh teh hitam (*Camellia sinensis* L.), padahal inovasi sumber tanin dan flavonoid dari limbah pertanian masih belum banyak dieksplorasi.

Salah satu bahan potensial yang belum banyak dimanfaatkan adalah sabut siwalan (*Borassus flabellifer* L.). Sabut ini merupakan limbah agroindustri yang kaya senyawa fenolik, flavonoid, saponin, dan tanin, dengan potensi bioaktivitas antioksidan, antibakteri, dan antikanker (Lenggu *et al.*, 2020; Ngginak *et al.*, 2020). Sabut siwalan ini banyak ditemukan di berbagai daerah penghasil siwalan, salah satunya adalah di Kabupaten Tuban, Jawa Timur (Andayani *et al.*, 2024). Kabupaten Tuban, Jawa Timur, dikenal sebagai salah satu sentra siwalan, namun limbah sabutnya masih kurang dimanfaatkan dan lebih sering menjadi pakan ternak atau limbah organik.

Meskipun berbagai penelitian telah mengeksplorasi pembuatan kombucha dari berbagai bahan alternatif seperti daun pandan, sirsak, rosella, atau kulit kopi (Khamidah & Antarlina, 2020), pemanfaatan sabut siwalan dalam formulasi kombucha masih belum ditemukan, sehingga belum ada data ilmiah terkait karakteristik mutu organoleptik dan potensi antioksidan kombucha sabut siwalan, yang menjadi salah satu indikator penting dalam penerimaan produk oleh konsumen dan potensi manfaat dari produk kombucha sabut siwalan yang dihasilkan.

Belum ditemukannya kajian ilmiah mengenai kombucha berbasis sabut siwalan, menunjukkan adanya celah riset yang signifikan. Parameter karakteristik sensori dan aktivitas antioksidan ini penting untuk dikaji agar memastikan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk serta potensi pemanfaatan produk

kombucha. Penelitian ini penting dilakukan untuk mendukung prinsip ekonomi sirkular, yakni pemanfaatan limbah pertanian bernilai rendah menjadi produk pangan fungsional bernilai tambah tinggi. Selain itu, penelitian ini diharapkan memberikan alternatif sehat bagi masyarakat sekaligus mendorong inovasi produk lokal berbasis kearifan daerah seperti siwalan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi mutu organoleptik dan potensi antioksidan dari kombucha sabut siwalan sebagai salah satu parameter penting tingkat penerimaan dan potensi pemanfaatan produk fermentasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang dilakukan pada bulan April-Juli 2025 di Laboratorium Biologi Universitas PGRI Ronggolawe. Perlakuan dalam penelitian ini berupa lama fermentasi yang terdiri dari 7, 10, dan 14 hari fermentasi dengan 6 kali ulangan. Parameter amatan berupa mutu organoleptik dan aktivitas antioksidan kombucha sabut siwalan terhadap 15 panelis agak terlatih, yakni dosen dan mahasiswa Program Studi Biologi Universitas PGRI Ronggolawe untuk mengetahui mutu organoleptik kombucha sabut siwalan.

Penelitian ini menggunakan alat yaitu wadah plastik, kain, karet, toples kaca, panci, sendok, timbangan, kompor, dan oven. Sedangkan bahan yang digunakan berupa sabut siwalan, gula pasir, air, *Symbiotic Consortium of Bacteria and Yeast* (SCOBY) dan DPPH.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan bahan, pembuatan kombucha sabut siwalan, uji mutu organoleptik, dan aktivitas antioksidan sabut siwalan. Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan mensterilisasi toples kaca menggunakan air mendidih 100°C. Kemudian bahan yang digunakan berupa bagian sabut yang berasal dari buah siwalan muda dan diseleksi melalui proses

sortasi untuk memastikan kualitas bahan agar tidak ada bagian yang rusak atau busuk. Sabut yang telah disortir kemudian dicacah tipis, dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 6 hingga 7 jam. Pemilihan suhu tersebut bertujuan untuk menjaga integritas senyawa bioaktif yang terkandung dalam sabut siwalan (Andayani *et al.*, 2024).

Pembuatan kombucha sabut siwalan dilakukan berdasarkan Puspaningrum *et al.* (2022) dengan modifikasi. pembuatan kombucha dilakukan dengan menambahkan gula 10% (b/v) yang direbus dengan air 3 L hingga mendidih. Setelah itu, ditambah sabut siwalan kering 2% (b/v) dan diaduk selama 5 menit. Larutan sabut siwalan disaring lalu didinginkan hingga suhu turun sekitar 25-29°C. Setelah itu larutan kombucha sabut siwalan dimasukkan ke dalam toples kaca dan starter kombucha ditambahkan sebanyak 10% (b/v). **Selepas itu**, Toples ditutup menggunakan kain yang diikat dengan karet di bagian leher toples kaca, tujuannya untuk mencegah kontaminasi debu namun tetap memungkinkan masuknya udara. Toples selanjutnya disimpan di dalam ruangan yang terhindar dari sinar matahari dan

terhindar dari guncangan sesuai perlakuan yaitu 7, 10, dan 14 hari fermentasi.

Karakterisasi terhadap karakter sensori kombucha sabut siwalan dilakukan melalui uji organoleptik. Uji organoleptik terhadap kombucha sabut siwalan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur tingkat kesukaan panelis (uji hedonik) pada parameter warna, aroma, dan rasa. Pengujian dilakukan dengan melibatkan 15 panelis agak terlatih, yakni dosen dan mahasiswa Program Studi Biologi Universitas PGRI Ronggolawe. Panelis ini yang menilai produk melalui formulir yang telah disediakan. Skala hedonik digunakan untuk mengukur tingkat kesukaan panelis, dengan rentang skor berkisar antara 1-5 (Tabel 1). Sedangkan, aktivitas antioksidan diuji dengan metode DPPH. Data karakteristik sensoris dan aktivitas antioksidan dianalisis secara statistik menggunakan *one-way ANOVA*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan uji kesukaan untuk mengetahui mutu organoleptik kombucha sabut siwalan berdasarkan parameter warna, aroma, dan rasa.

Tabel 1. Skala Parameter Penilaian Sensori Kombucha Sabut Siwalan

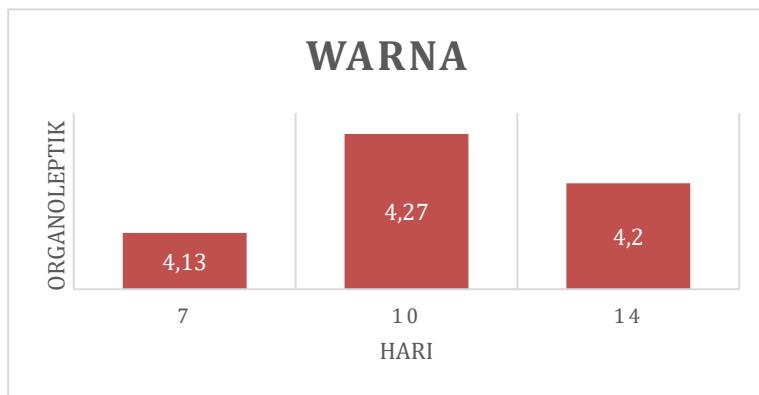
No.	Skala Intensitas	Kategori
1	1	Sangat Tidak Suka
2	2	Tidak Suka
3	3	Agak Suka
4	4	Suka
5	5	Suka Sekali

Karakteristik Sensoris

Parameter Warna

Uji dilakukan untuk mengukur tingkat kesukaan konsumen terhadap minuman kombucha sabut siwalan dengan perlakuan lama fermentasi (7, 10, dan 14 hari) menggunakan parameter warna, aroma, dan rasa. Panelis kemudian

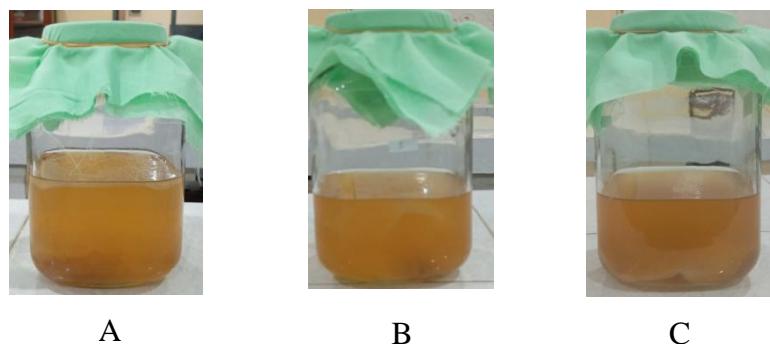
diberikan formulir yang hasilnya dianalisis secara statistik menggunakan analisis *one-way ANOVA* setelah dilakukan uji homogenitas varians dan uji normalitas data. Gambar 1 menunjukkan nilai organoleptik kombucha sabut siwalan dengan parameter warna pada uji kesukaan.



Gambar 1. Rerata Nilai Organoleptik Kombucha Sabut Siwalan dengan Parameter Warna pada Uji Kesukaan

Gambar 1 menunjukkan bahwa penilaian panelis terhadap parameter warna pada uji kesukaan diketahui rerata nilai organoleptik lebih tinggi pada perlakuan hari ke 10 (4,27), kemudian hari ke 14 (4,2), dan terakhir hari ke 7 (4,13). Rerata tersebut menunjukkan bahwa warna kombucha sabut siwalan yang dihasilkan dalam penelitian ini disukai oleh responden, baik yang difermentasi selama 7, 10, maupun 14 hari. Hasil ini konsisten dengan hasil analisis *one-way ANOVA* yang menunjukkan bahwa perbedaan lama fermentasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap parameter warna pada uji

kesukaan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai $sig\ 0.308 > 0.05$. Warna kombucha sabut siwalan yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah kuning cerah yang dipengaruhi oleh warna dari sabut siwalan yang memiliki warna dasar kuning. Pada Gambar 2 tampak bahwa warna kombucha sabut siwalan mengalami gradasi, dimana seiring bertambahnya waktu lama fermentasi warna kuning semakin gelap (Gambar 2). Hasil ini senada dengan pendapat Rezaldi *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa keberadaan mikroba dalam SCOBY sering kali memicu terjadinya gradasi warna selama proses fermentasi kombucha.

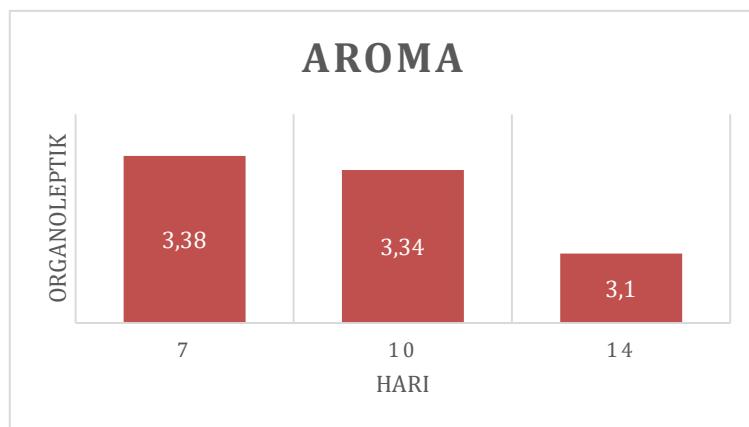


Gambar 2. Kombucha Sabut Siwalan A. Lama Fermentasi 7 Hari, B. Lama Fermentasi 10 Hari, dan C. Lama Fermentasi 14 Hari

Parameter Aroma

Parameter sensoris yang diuji selanjutnya adalah parameter aroma. Rerata

hasil penilaian panelis pada parameter aroma dalam uji kesukaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rerata Nilai Organoleptik Kombucha Sabut Siwalan dengan Parameter Aroma pada Uji Kesukaan

Gambar 3 menunjukkan rerata hasil penilaian responden pada parameter aroma kombucha sabut siwalan, dimana kombucha dengan lama fermentasi 7 hari mendapatkan rerata tertinggi (3,38), kemudian hari ke-10 (3,34), dan terakhir hari ke-14 (3,1). Hasil rerata ini menunjukkan bahwa karakteristik aroma kombucha sabut siwalan dari ketiga lama waktu fermentasi dinilai memiliki aroma yang agak disukai oleh panelis. Sementara hasil analisis statistik menggunakan *one-way ANOVA* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan aroma kombucha sabut siwalan dengan perbedaan lama waktu fermentasi ($\text{sig. } 0.04 < 0.05$). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa lama fermentasi 7 hari menunjukkan rerata skor paling tinggi untuk parameter aroma, tetapi tidak berbeda nyata dengan lama fermentasi 10 hari.

Aroma kombucha dipengaruhi oleh adanya beberapa kandungan di dalamnya seperti kandungan asam organik dan senyawa volatil. Secara deskriptif aroma kombucha sabut siwalan yang difermentasi selama 7, 10, dan 14 hari berturut-turut adalah asam, asam manis, dan asam kuat. Aroma kombucha sabut siwalan mengalami transformasi seiring berjalannya waktu fermentasi yang mana aroma awal yang khas dari sabut siwalan secara perlahan berubah menjadi aroma kombucha yang asam dan kuat. Menurut Wahyuningtias *et*

al. (2023) perubahan aroma dalam kombucha disebabkan oleh pembentukan senyawa volatil yang timbul sebagai hasil dari metabolisme gula yang dilakukan oleh bakteri dan ragi selama proses fermentasi.

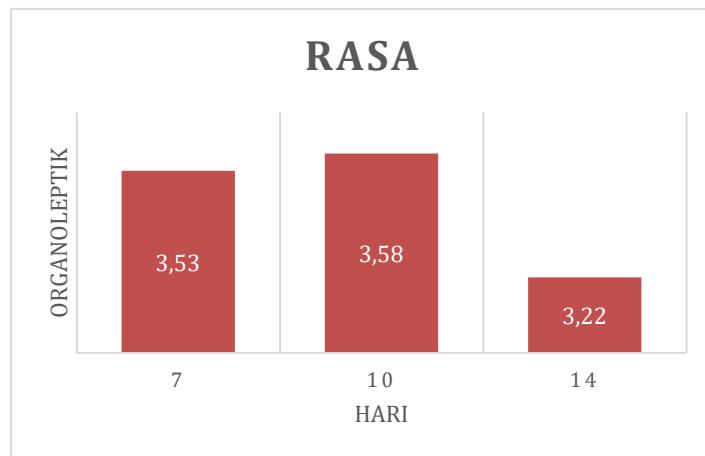
Parameter Rasa

Hasil rerata penilaian panelis pada parameter rasa dalam uji kesukaan dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil uji kesukaan pada parameter rasa seperti tampak pada Gambar 4, dimana kombucha sabut siwalan yang difermentasi pada hari ke-10 mendapatkan skor paling tinggi (3,58), kemudian hari ke-7 (3,53), dan hari ke-14 mendapatkan skor paling rendah (3,22). Hasil ini menunjukkan bahwa rasa pada kombucha sabut siwalan pada lama fermentasi 10 dan 7 hari disukai oleh responden, sedangkan kombucha sabut siwalan yang difermentasi selama 14 hari memiliki rasa yang agak disukai oleh responden. Sementara hasil analisis *one-way ANOVA* menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu fermentasi berpengaruh secara nyata terhadap rasa kombucha sabut siwalan yang ditandai dengan nilai $\text{sig. } 0.000 < 0.05$. Adanya perbedaan waktu fermentasi akan berpengaruh terhadap kandungan asam di dalamnya, sehingga akan berpengaruh terhadap rasa yang dihasilkan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Nurhayati *et al.* (2020) dan Wahyuningtias *et al.* (2023)

yang menemukan seiring berjalananya waktu fermentasi akan membuat rasa kombucha menjadi semakin asam. Peningkatan rasa asam ini diakibatkan proses fermentasi sukrosa oleh ragi yang menyebabkan

terurainya gula tersebut menjadi beberapa senyawa asam seperti asam asetat, asam laktat, asam glukonat, asam glukuronat, serta enzim invertase.



Gambar 4. Rerata Nilai Organoleptik Kombucha Sabut Siwalan dengan Parameter Rasa pada Uji Kesukaan

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dalam penelitian ini diukur dengan metode DPPH. Hasil pengukuran aktivitas antioksidan

kombucha sabut siwalan dengan lama waktu fermentasi yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Aktivitas Antioksidan Kombucha Sabut Siwalan

No.	Lama Fermentasi (Hari)	Persentase Inhibisi Radikal Bebas (%)	Kategori
1	7	45.65±0.443 ^a	Lemah
2	10	53.69±0.443 ^b	Sedang
3	14	61.98±0.443 ^c	Sedang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan, sedangkan notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Hasil analisis statistik aktivitas antioksidan kombucha sabut siwalan menunjukkan bahwa lama waktu fermentasi berpengaruh secara nyata terhadap aktivitas antioksidan, baik berdasarkan persentasi inhibisi terhadap radikal bebas maupun berdasarkan IC50. Data pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kombucha sabut

siwalan dengan lama waktu fermentasi 14 hari memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi dan berbeda secara nyata dengan aktivitas antioksidan kombucha sabut siwalan dengan lama waktu fermentasi yang lain. Hasil pengukuran persentasi inhibisi kombucha sabut siwalan terhadap radikal bebas menunjukkan bahwa

kombucha sabut siwalan yang difermentasi selama 10 dan 14 hari memiliki aktivitas antioksidan pada tingkat sedang, sementara kombucha yang difermentasi selama 7 hari memiliki aktivitas antioksidan yang lemah.

Adanya peningkatan aktivitas antioksidan pada kombucha sabut siwalan seiring dengan peningkatan lama waktu fermentasi dikarenakan, semakin lama waktu fermentasi maka senyawa polifenol yang terkandung di dalam kombucha yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini sesuai pernyataan Yuningtyas *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa keberadaan mikroorganisme dalam SCOPY akan menyebabkan peningkatan kandungan polifenol selama proses fermentasi. Adanya *Saccharomyces cerevisiae* dalam SCOPY memicu pembentukan polifenol ketika memasuki fase stasioner. Polifenol ini dihasilkan dari proses dekarboksilasi asam sinamat dan firulat akibat dihasilkannya enzim asam ferulat reduktase dan enzim vinil fenol reduktase oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap mutu organoleptik kombucha sabut siwalan pada parameter aroma dan rasa, dimana lama fermentasi selama 10 hari memberikan skor rasa (3,58) tertinggi dan aroma tertinggi diperoleh pada fermentasi 7 hari (3,38). Pada parameter warna, perbedaan lama waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh secara signifikan, tetapi rerata skor penilaian paling tinggi diperoleh kombucha dengan waktu fermentasi 10 hari. Dengan demikian kombucha sabut siwalan dengan lama waktu fermentasi 10 hari merupakan kombucha yang paling disukai responden. Temuan ini menunjukkan bahwa fermentasi 10 hari merupakan waktu optimal dalam menghasilkan kombucha sabut siwalan dengan mutu sensorik terbaik.

Perbedaan lama waktu fermentasi juga memberikan pengaruh terhadap aktivitas antioksidan kombucha sabut siwalan, pada saat lama waktu fermentasi

14 hari menghasilkan kombucha sabut siwalan dengan aktivitas antioksidan tertinggi yakni 61,98% yang termasuk kategori antioksidan dengan kekuatan sedang. Penelitian ini mendukung pemanfaatan limbah sabut siwalan sebagai bahan baku minuman fungsional dan berpotensi dikembangkan sebagai produk pangan lokal berbasis kearifan lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, H. D., Yoviska, S. A., Syaffa, W. A., Iqlima, P. A., & Sriwulan, S. (2024). Antibacterial Potential of Freshener Water Based on Siwalan Coir Extract (*Borassus flabellifer*) and Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Against Airborne Bacteria. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 13(1), 51–55.
- Fadhilah, F. R., Rezaldi, F., Pakpahan, S. E., & Putri, S. K. (2024). Potensi Senyawa Vitexin Pada Kombucha Bunga Kecompong (*Etlingera elatior*) Sebagai Kandidat Obat Antikanker Kolon Yang Diprediksi Berdasarkan Analisis Bioinformatika. *Prosiding Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia*, 3, 162–180.
- Harmini, S., & Amalina, A. N. (2024). Diversifikasi Kombucha Sebagai Minuman Fungsional. *Journal of Innovative Food Technology and Agricultural Product*, 23–30.
- Khamidah, A., & Antarlina, S. S. (2020). Peluang Minuman Kombucha Sebagai Pangan Fungsional. *Agrika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 14(2), 184–200.
- Kolompoy, E. E., Singkoh, M., & Tangapo, A. M. (2024). Aktivitas Antioksidan Kombucha Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & LM Perry) dan Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 15(2).
- Lenggu, C. K. L., Indriarini, D., & Amat, A. L. S. (2020). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Kulit Daging Buah Lontar (*Borassus flabellifer* Linn) Terhadap

- Pertumbuhan *Escherichia coli* Secara in Vitro. *Cendana Medical Journal (CMJ)*, 8(2), 96–107.
- Lianto, S. J., & Tiffany, F. (2025). Peluang Pemanfaatan Kulit Kombucha Berbasis Kulit Kopi dalam Perancangan Produk Home Décor. *CandraRupa: Journal of Art, Design, and Media*, 4(1), 21–26.
- Nafisah, E., Ningrum, L. W., Budiandari, R. U., & Hudi, L. (2024). Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas antioksidan kombucha kunyit (*Curcuma longa* L.) sebagai minuman probiotik. *Jurnal SAGO Gizi Dan Kesehatan*, 5(3A), 633–638.
- Ngginak, J., Nge, S. T., Klau, F. F., & Bisilissin, C. L. B. (2020). Reducing sugar content in siwalan roomie (*Borassus flabellifer* L) before cooking and liquid brown sugar after cooking. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 7(1), 8–15.
- Nurhayati, N., Yuwanti, S., & Urbahillah, A. (2020). Karakteristik fisikokimia dan sensori kombucha Cascara (kulit kopi ranum). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 38–49.
- Puspaningrum, D. H. D., Sumadewi, N. L. U., & Sari, N. K. Y. (2022). Karakteristik kimia dan aktivitas antioksidan selama fermentasi kombucha cascara kopi arabika (*Coffea arabika* L.) Desa Catur Kabupaten Bangli. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 5(2), 44–51.
- Rezaldi, F., Pertiwi, F. D., Oktavia, S., Suyamto, S., Setiawan, U., Abdillah, N. A., ... Fathurrohim, M. F. (2024). Pengaruh Metode Bioteknologi Fermentasi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Sebagai Antibakteri *Acne vulgaris*. *Biospecies*, 17(1), 42–48.
- Setiyono, S., Savitri, D. A., SM, S. B. P., Arum, A. P., Nurrahmi, T. P. Y., Rosania, S., & Novijanto, N. (2024). Pelatihan pengolahan limbah kopi sebagai kombucha cascara.
- SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(1), 629–636.
- Wahyuningtias, D. S., Fitriana, A. S., & Nawangsari, D. (2023). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Sifat Organoleptik dan Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). *Pharmacy Genius*, 2(3), 198–207.
- Yuningtyas, S., Masaenah, E., & Telaumbanua, M. (2021). Aktivitas antioksidan, total fenol, dan kadar vitamin c dari kombucha daun salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.). *Jurnal Farmamedika (Pharmamedika Journal)*, 6(1), 10–14.

UJI ANTI BAKTERI EKSTRAK KULIT BUAH GAYAM (*Inocarpus fagifer*) TERHADAP BAKTERI PEMBUSUK IKAN TONGKOL

Nur Afifatur Rodliyah^{1*}, Sriwulan²
Universitas PGRI Ronggolawe, Tuban, Jawa Timur^{1,2}
nura26722@gmail.com¹

Abstrak: Tujuan penelitian untuk mengukur efektivitas ekstrak kulit buah gayam sebagai agen antibakteri pada bakteri pembusuk ikan tongkol. Pembuatan ekstrak kulit buah gayam dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu (1) sterilisasi alat bahan, (2) peremajaan isolat bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. pembusuk ikan tongkol, (3) ekstraksi kulit buah gayam, dan (4) uji aktivitas antibakteri. Data uji efektivitas daya hambat ekstrak kulit buah gayam pada bakteri pembusuk ikan tongkol dengan semua konsentrasi menunjukkan terbentuknya zona bening di sekitar *paper disc* biakan bakteri genus *Staphylococcus* dan genus *Bacillus* dengan hasil kategori lemah yaitu ≤ 5 mm. Isolat 1 dengan rerata zona hambat paling tinggi adalah 3.53mm (konsentrasi 60%) dan pada isolat 2 nilai rerata zona hambat tertinggi juga ditemukan pada konsentrasi 60% yakni 2.41mm. Namun nilai ini masih jauh lebih kecil dibandingkan control positif yang mencapai 24.16mm pada isolat 1 dan 30.40mm pada isolat 2. Penelitian ini juga menunjukkan hasil bahwa kulit buah gayam mengandung senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid. Tidak terdapat perbedaan bermakna pada aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah gayam dengan berbagai konsentrasi untuk tumbuhnya bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. secara *in vitro*.

Kata Kunci: Gayam, Antibakteri, Metabolit Sekunder, Daya Hambat, Ikan Tongkol.

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi negara kepulauan terbesar dengan potensi laut yang luas di dunia. Perikanan adalah salah satu sektor kelautan yang sangat penting, yang berkontribusi besar bagi perekonomian nasional (Palupi dkk., 2025). Ikan tongkol menjadi ikan bernilai ekonomi tinggi yang seringkali diburu oleh para nelayan. Selain itu, ikan tongkol juga merupakan komoditas ekspor terbesar kedua di Indonesia, setelah udang (Husain dkk., 2021).

Menurut Nofitasari, Kusuma and Pustaka (2022), ikan tongkol mengandung berbagai mikronutrien penting seperti vitamin A (retinol), vitamin B yang meliputi niasin, thiamin, dan riboflavin, serta mineral seperti sodium, fosfor, kalsium, dan besi. Selain itu ikan tongkol juga memiliki nilai gizi yang tinggi seperti, 21,69-26,30% protein, 1,30%-2,10% kadar lemak, 1,20-1,50% kadar mineral, 71-

76,76% kadar air, dan 1,45-3,40% kadar abu (Puri, 2016). Selain tingginya kandungan gizi, rasa yang gurih, daging yang lembut, dan harga yang terjangkau menjadikan ikan tongkol sebagai makanan yang digemari masyarakat (Cicilia dkk., 2025). Meskipun demikian, jumlah protein dan kadar air yang tinggi dapat menyebabkan ikan tongkol mudah mengalami kerusakan, karena mikroorganisme dapat berkembang secara mudah dan melakukan proses metabolisme yang menghasilkan senyawa baru untuk menurunkan kualitas ikan. Memperpanjang masa simpan ikan tongkol dapat dilakukan dengan cara pengawetan alami.

Pengawet alami merupakan bahan tambahan pada makanan yang umumnya diperoleh dari tumbuhan atau mikroorganisme (Nisa dan Suryani, 2018). Penggunaan bahan pengawet alami sangat disarankan karena aman untuk kesehatan

dan mudah ditemukan. Adapun tanaman yang berpotensi sebagai pengawet alami untuk menghambat pembusukan pada ikan tongkol akibat mikroba serta memperpanjang masa simpan adalah kulit buah gayam.

Gayam (*Inocarpus fagifer*) adalah spesies pohon yang sering dijumpai di daerah dataran rendah tropis dan dimanfaatkan masyarakat sebagai obat diare dengan meminum air dari rebusan batangnya dan sebagai makanan seperti keripik (Rohama dan Zainuddin, 2021). Gayam termasuk dalam famili leguminosae, hampir semua jenis tumbuhan dari famili leguminosae, bagian tubuh tumbuhannya dapat dimanfaatkan menjadi antibakteri karena mengandung flavonoid yang termasuk senyawa metabolit sekunder (Ikalinus dkk., 2015). Hal ini didukung dengan penelitian terkait kandungan kimia buah gayam khususnya bagian daun gayam oleh Hasanah (2025) yang menyatakan bahwa salah satu ekstrak tumbuhan gayam dengan kandungan total flavonoid tertinggi mencapai kadar sebesar 82,89 mgQE/g (miligram ekuivalen kuersetin per gram). Senyawa metabolit sekunder adalah zat bioaktif dengan komposisi bahan kimia tumbuhan, sehingga berpotensi sebagai antibakteri (Kurniawati dkk., 2020).

Antibakteri yaitu senyawa yang dapat membunuh dan mencegah pertumbuhan bakteri. Berdasarkan cara kerjanya yang selektif terhadap bakteri, antibakteri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yakni yang hanya menghambat pertumbuhan bakteri, biasa disebut sebagai bakteriostatik dan yang memiliki kemampuan membunuh bakteri dikenal sebagai bakterisida. Untuk mencapai efek tersebut, diperlukan konsentrasi minimal tertentu. Konsentrasi terendah penghambat pertumbuhan bakteri dinamakan Kadar Hambat Minimum (KHM), sementara konsentrasi terendah pembunuh bakteri disebut Kadar Bunuh Minimum (KBM).

Penelitian yang dilakukan oleh Inayah (2021), meneliti efek antibakteri dari ekstrak metanol kulit batang gayam

terhadap bakteri *Propionibacterium acne*, *Streptococcus sobrinus*, dan *Escherichia coli*. Hasil analisis menyatakan ekstrak tersebut mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin, karotenoid, dan kumarin. Uji antibakteri dengan konsentrasi ekstrak 500, 250, dan 125 µg/well dengan diameter zona hambat 9mm terhadap *Propionibacterium acne*, 10mm hingga 12mm terhadap *Escherichia coli*, serta tidak menunjukkan hambatan terhadap *Streptococcus sobrinus*.

Sedangkan penelitian yang membahas tentang aktivitas antibakteri dari kulit buah gayam belum pernah dilakukan, sehingga perlu adanya pengujian untuk menganalisis kemampuan ekstrak kulit buah gayam dalam menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk ikan tongkol.

METODE PENELITIAN

Selama satu bulan penelitian ini dilakukan, yaitu pada bulan mei 2025 di Laboratorium Biologi Universitas PGRI Ronggolawe Tuban. Adapun prosedur kerja penelitian ini memiliki beberapa tahapan meliputi:

Sterilisasi alat bahan

Sterilisasi alat bahan dilakukan dengan pembungkusan pada alat-alat diantaranya cawan petri, tabung reaksi, gelas ukur, *paper disc*, dan pipet tetes menggunakan kertas kayu serta aluminium foil, kemudian memasukkannya di autoklaf dengan tekanan 1atm pada suhu 121°C selama 15menit. Pinset dan jarum ose disterilkan menggunakan api bunsen, sementara alat yang tidak tahan panas seperti sarung tangan (*lateks*) disterilkan secara kimia dengan menggunakan alkohol 70% (Hikmah, 2018).

Peremajaan isolat bakteri

Peremajaan bakteri dilakukan pada isolat bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. asal ikan tongkol busuk yang didapat dari inventarisasi Laboratorium Biologi Universitas PGRI Ronggolawe Tuban. Kedua isolat diremajakan dengan

mengambil satu ose dari masing-masing isolat, lalu ditanamkan pada permukaan media NA menggunakan teknik gores (*streak plate*). Selanjutnya, menginkubasi bakteri di suhu 35°C selama 24 jam (Oktavia dan Pujiyanto, 2018).

Ekstraksi kulit buah gayam

Ekstraksi kulit buah gayam menggunakan metode maserasi yang dilakukan selama 3 hari dengan merendam simplisia kulit buah gayam sebanyak 1kg ke dalam bejana yang ditambahkan pelarut etanol 96% 1liter sambil setiap harinya diaduk selama 15 menit (Noval dkk., 2020). Lalu dilakukan penyaringan dan penguapan dengan alat *rotary evaporator* di suhu 50°C sampai menjadi ekstrak kental.

Uji aktivitas antibakteri

Uji aktivitas antibakteri secara metode difusi cakram, yaitu merendam *paper disc* dengan menggunakan ekstrak kulit buah gayam dengan konsentrasi 40%, 50%, 60%, dan 70%. Digunakan *chloramphenicol* sebagai kontrol positif sebanyak 10 μ L dan kontrol negatif menggunakan *aquadest* steril sebanyak 10 μ L. Pembuatan suspensi bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. dengan cara mencampurkan koloni biakan bakteri dari hasil peremajaan pada tabung reaksi yang berisi 9,9mL larutan NaCL 0,9% lalu memasukkan biakan bakteri ke tabung reaksi dan dikocok hingga homogen. Kemudian, suspensi bakteri dituang kembali pada media NA padat secara *spread plate* dan diratakan menggunakan

spreader dengan 4 kali ulangan untuk masing-masing isolat *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. *Paper disc* berdiameter 6 mm yang telah direndam dengan masing-masing konsentrasi diletakkan di media NA. Hasil positif terlihat dari terbentuknya zona bening di sekeliling cakram sesudah inkubasi selama 24jam di suhu 37°C (Rossa, 2021).

Analisis terhadap daya hambat dilakukan berdasarkan data hasil pengamatan dengan perangkat lunak SPSS. Proses analisis dimulai dengan uji normalitas guna memastikan distribusi data. Jika nilai signifikansi (*sig.*) $>0,05$, maka data dikatakan mengikuti distribusi normal. Jika syarat tersebut terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan uji paremetrik menggunakan *One-Way ANOVA*. Guna mengetahui bedanya antar kelompok secara lebih rinci, dilakukan metode Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk uji lanjutan pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha=0,05$) (Anam dkk., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Zona hambatan dilihat berdasarkan zona bening pada masing-masing konsentrasi ekstrak 40%, 50%, 60%, 70%, *chloramphenicol* sebagai kontrol (+) dan *aquadest* sebagai kontrol (-). Tabel 1 dan Tabel 2 memperlihatkan masing-masing uji hasil antibakteri ekstrak kulit buah gayam terhadap bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. pada kelompok kontrol dan tiap konsentrasi dengan empat kali pengulangan.

Tabel 1. Hasil uji antibakteri ekstrak kulit buah gayam terhadap bakteri *Staphylococcus* sp. pada ikan tongkol

No.	Bahan Uji	Konsentrasi (%)	Diameter Zona Hambat (mm)				Rerata (Mean + SD)	Sig.
			U.1A	U.1B	U.1C	U.1D		
1	<i>Aquadest</i> Steril	K-	0	0	0	0	0±0 ^a	.001
		40	1.47	1.79	3.52	0.14	1.73 ± 1.39 ^b	
2	Ekstrak Kulit Buah Gayam	50	2.38	1.04	3.15	4.36	2.73 ± 1.39 ^{bc}	.001
		60	6.87	2.61	2.03	2.61	3.53 ± 2.24 ^c	
3	<i>Chloramphenicol</i>	70	3.31	4.11	3.06	3.36	3.46 ± 0.45 ^c	
		K+	23.37	24.92	23.44	24.89	24.16 ± 0.87 ^d	

*Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan

U.1A: Ulangan 1

U.1C: Ulangan 3

U.1B: Ulangan 2

U.1D: Ulangan 4

Tabel 2. Hasil uji antibakteri ekstrak kulit buah gayam terhadap bakteri *Bacillus* sp. pada ikan tongkol

No.	Bahan Uji	Konsentrasi (%)	Diameter Zona Hambat (mm)				Rerata (Mean + SD)	Sig.
			U.2A	U.2B	U.2C	U.2D		
1	Aquadest Steril	K-	0	0	0	0	0 ± 0 ^a	
		40	0.74	2.31	0.86	1.45	1.34 ± 0.72 ^a	
2	Ekstrak Kulit Buah Gayam	50	0.39	0.65	3.92	3.15	2.03 ± 1.77 ^b	.000
		60	1.29	4.30	1.78	2.28	2.41 ± 1.32 ^b	
		70	4.02	1.23	2.41	0.73	2.10 ± 1.46 ^b	
3	<i>Chloramphenicol</i>	K+	28.74	24.59	25.64	42.63	30.40 ± 8.34 ^c	

*Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan

U.2A: Ulangan 1 isolat genus *Bacillus*

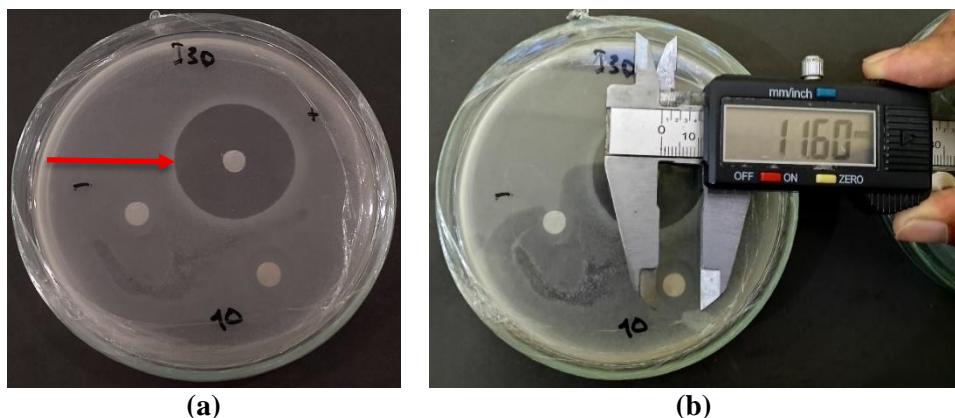
U.2B: Ulangan 2 isolat genus *Bacillus*

U.2C: Ulangan 3 isolat genus *Bacillus*

U.2D: Ulangan 4 isolat genus *Bacillus*

Menurut Safrida dan Rahmah, (2021), klasifikasi data pengukuran zona hambat dihitung berdasarkan aktivitas antibakteri diklasifikasikan menjadi kategori: lemah (≤ 5 mm), sedang (6-10mm), kuat (11-20mm), dan sangat kuat (≥ 21 mm). Pada Tabel 1 dan Tabel 2 menjelaskan rerata zona hambat ekstrak kulit buah gayam terhadap bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. pembusuk ikan tongkol termasuk dalam kategori lemah karena diameter zona hambatnya kurang dari atau sama dengan 5mm. Pada bakteri *Staphylococcus* sp. hasil pengukuran zona hambat rata-rata (mean ± SD) untuk konsentrasi 40%, 50%, 60%, dan 70% berturut-turut adalah 1.73 ± 1.39^a ; 2.73 ± 1.39^{ab} ; 3.53 ± 2.24^b ; 3.46 ± 0.45^b ; 24.16 ± 0.87^c ; dan 0 ± 0^d . Sedangkan pada bakteri *Bacillus* sp. hasil pengukuran zona hambat rata-rata (mean ± SD) untuk konsentrasi 40%, 50%, 60%, dan 70% berturut-turut adalah 1.34 ± 0.72^a ; 2.03 ± 1.77^b ; 2.41 ± 1.32^b ; 2.10 ± 1.46^b ; 30.40 ± 8.34^c ; dan $0 \pm$

^a. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah gayam memiliki aktivitas antibakteri yang meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi hingga mencapai 60%. Namun, pada konsentrasi 70%, efektivitasnya menurun. Hal ini terjadi karena beberapa faktor yaitu adanya batas titik puncak konsentrasi suatu ekstrak sehingga bisa menurun pada konsentrasi lebih tinggi (Irmayanti, 2024), jumlah bahan antibakteri yang tersedia, kemampuan larut antibakteri dalam media, koefisien difusi, serta efektivitas bakteri itu sendiri (Awaliana, 2020). Fenomena ini juga pernah diteliti oleh Richardson, sebagaimana dikutip dalam Narulita (2018), perbedaan konsentrasi dan jenis senyawa antibakteri akan mempengaruhi ukuran diameter zona hambat yang terbentuk dalam waktu tertentu. Gambaran hasil aktivitas antibakteri berupa diameter zona hambat dan pengukuran zona bening bakteri menggunakan jangka sorong digital bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah gayam terhadap bakteri *Bacillus* sp. pada ikan tongkol busuk, (b) Pengukuran zona hambat bakteri menggunakan jangka sorong digital. (Anak panah merah menunjukkan diameter zona hambat pada aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah gayam).

Gambar 1. menunjukkan terdapatnya zona bening di sekeliling cakram disk, sehingga ekstrak kulit buah gayam mampu menghambat tumbuhnya bakteri, meskipun pada kategori yang lemah. Kemampuan menghambat tumbuhnya bakteri ini karena ditemukannya kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak tersebut, salah satunya adalah flavonoid. Senyawa flavonoid dalam kulit buah gayam bekerja dengan cara merusak lapisan membran sel bakteri serta mengganggu proses pembentukan protein dan asam nukleat (Donadio dkk., 2021). Flavonoid memiliki kemampuan untuk merusak membran sel dan mengganggu proses pembentukan protein pada bakteri (Karlina dan Nasution, 2022). *Chloramphenicol* digunakan sebagai kontrol positif untuk pembanding yang efektif, karena bersifat bakteriostatik dan aktif melawan kelompok bakteri gram (positif dan negatif) (Ma'arif, 2024). Sementara itu, kontrol negatif dengan *aquadest* karena tidak bisa memberikan zona hambat dan tidak memengaruhi pertumbuhan bakteri, karena merupakan zat yang bersifat netral (Sam, 2025).

Selanjutnya data diameter zona hambat dianalisis statistik uji parametrik *One-Way ANOVA* yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Berdasarkan hasil

analisis statistik diperoleh masing-masing nilai sig sebesar 0.001 dan 0.000 menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 0.05. Nilai signifikansi $p < 0.05$ dari uji *One-Way ANOVA* menegaskan bahwa perbedaan rata-rata zona hambat antar konsentrasi adalah bermakna secara statistik sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh berbeda terhadap aktivitas antibakteri pada isolat yang diuji. Artinya, kelompok perlakuan berupa perbedaan konsentrasi menunjukkan perbedaan efek dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp., yang merupakan penyebab pembusukan pada ikan tongkol.

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa kontrol positif memberikan rerata zona hambat tertinggi yang berbeda secara nyata dengan kelompok perlakuan dan kontrol negatif. Sedangkan dalam kelompok perlakuan, konsentrasi 60% ekstrak kulit buah gayam memberikan rerata tertinggi dibandingkan konsentrasi lain, namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 50% dan 70%, baik terhadap isolate *Staphylococcus* sp. maupun *Bacillus* sp.

KESIMPULAN

Pengujian antibakteri pada ekstrak kulit buah gayam di konsentrasi 40%, 50%,

60%, dan 70% pada *Staphylococcus* sp. dan *Bacillus* sp. penyebab pembusukan ikan tongkol menunjukkan aktivitas antibakteri dengan kategori lemah ($\leq 5\text{mm}$). Pada penelitian ini perbedaan konsentrasi menunjukkan pengaruh terhadap diameter zona hambat yang dihasilkan, dimana control positif memberikan rerata tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain. Sedangkan ekstrak kulit buah gayam dengan konsentrasi 60% menunjukkan aktivitas antibakteri paling tinggi dibandingkan konsentrasi ekstrak kulit buah gayam yang lain, namun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan dengan konsentrasi 50% dan 70%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, A. K., Mariana, M., & Budi, I. S. (2024). Formulasi Bakteri Endofit Untuk Menekan Kejadian Penyakit *Fusarium* Pada Padi Beras Merah (*Oryza nivara*. L.). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 7(2), 865–873.
- Awaliana, A. (2020). Standarisasi Simplisia Dan Ekstrak Kulit Buah Limau Sundai (*Citrus X Aurantiifolia* ‘Sundai’), Penetapan Kadar Nobiletin, Serta Uji Antibakteri. Universitas Andalas.
- Cicilia, S., Basuki, E., & Alamsyah, A. (2025). Pelatihan Diversifikasi Olahan Ikan Untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Masyarakat Pesisir Pantai Ampenan: Pelatihan Diversifikasi Olahan Ikan Untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Masyarakat Pesisir Pantai Ampenan. *Jurnal Bakti Nusa*, 6(1), 1–5.
- Donadio, G., Mensitieri, F., Santoro, V., Parisi, V., Bellone, M. L., De Tommasi, N., ... Dal Piaz, F. (2021). *Interactions with microbial proteins driving the antibacterial activity of flavonoids*. *Pharmaceutics*, 13(5), 660.
- Hasanah, A. N. (2025). *Assessment of Total Phenolic and Flavonoid Content from Nine Different Families of Herbal Medicines Originated from West Java, Indonesia*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12(1), 49–62.
- Hikmah, F. N. (2018). Uji potensi antagonis bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu daun cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Husain, P., Karnan, & Santoso, D. (2021). 3 1,2,3, 2(1), 19–25.
- Ikalinus, R., Widayastuti, S., & Eka Setiasih, N. (2015). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Batang Kelor (*Moringa oleifera*). *Indonesia Medicus Veterinus*, 4(1), 77.
- Indayah, N. A. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Gayam (*Inocarpus Fagiferus*) Terhadap Bakteri *Escherichia Coli* Dan *Staphylacoccus aureus*. UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA.
- Karlina, V. R., & Nasution, H. M. (2022). Skrining Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix DC*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. *Journal of Health and Medical Science*, 131–139.
- Kurniawati, D., Noval, N., & Nastiti, K. (2020). Potensi Antiseptik Poliherbal Daun Sirih (*Piper betle*), Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Dan Tanaman Bundung (*Actinuscirpus grossus*) Pada Tindakan Keperawatan Dan Kebidanan. *Dinamika Kesehatan: Jurnal Kebidanan Dan Keperawatan*, 11(1), 420–431. doi:10.33859/dksm.v11i1.552
- Ma’arif, Q. F. (2024). Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Dan Daun Anting-Anting (*Acalypha indica* L.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. Universitas

- Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Narulita, W. (2018). Uji Efektivitas Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia*) Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Propionibacterium acnes* Secara In Vitro (Sebagai Alternatif Bahan Pengayaan Pada Sub Konsep *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* SMA Kelas X Semester Ganjil). UIN Raden Intan Lampung.
- Nisa, A. F., & Suryani, T. (2018). Kualitas Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Dengan Pengawet Alami Ekstrak Daun Ciplukan Dan Variasi Lama Perendaman.
- Nofitasari, C. A., Kusuma, P. S. W., & Pustaka, S. M. (2022). Komposisi Isi Lambung Ikan Tongkol Komo (*Euthynnus affinis*). Scopindo Media Pustaka. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=kICIEAAAQBAJ>
- Noval, N., Melviani, M., Novia, N., & Syahrina, D. (2020). Formulasi Dan Evaluasi Sediaan Obat Kumur (*Mouthwash*) Dari Ekstrak Etanol Tanaman Bundung (*Actinoscirpus grossus*) Sebagai Antiseptik Mulut. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 6(1), 112–120.
- Oktavia, N., & Pujiyanto, S. (2018). Isolasi Dan Uji Antagonisme Bakteri Endofit Tapak Dara (*Catharanthus roseus*, L.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus aureus*. Berkala *Biotehnologi*, 1(1).
- Palupi, N. W., Azhari, A. I., & Suwasono, S. (2025). Pengaruh Pelapisan Daun Jeruk Purut Dan Pati Terfotooksidasi Terhadap Karakteristik Kimia Dan Mikrob Ikan Lemuru. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(3), 270–283. doi:10.17844/jphpi.v28i3.61210
- Puri, A. A. (2016). Uji Bakteriologis dan Organoleptik Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Di Pasar Tradisional, Modern Dan Gudang Lelang Kota Bandar Lampung.
- Rohama, R., & Zainuddin, Z. (2021). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder pada Ekstrak Daun Gayam (*Inocarpus fagifer* Fosb) dengan Menggunakan KLT: *Identification of Secondary Metabolite Compounds on the Extract of Gayam Leaves (*Inocarpus fagifer* Fosb) using TLC*. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 6(2), 125–129.
- Rossa, W. S. (2021). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol 96% Daun Srikaya (*Anonna squamosa* L.) Terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional.
- Sam, A. (2025). Uji Aktivitas Antibakteri Daun *Etlingera tubilabrum* Terhadap Pertumbuhan Bakteri Patogen. Universitas Muhammadiyah Palopo.

STUDI *IN SILICO* DAUN KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata*) SEBAGAI ANTI INFLAMASI *MAMAE POSTPARTUM*

Ulvatus Syarivah^{1*}, Akhmad Fathir², Taufikurrahman³
Universitas Islam Madura¹²³
Ulvasyarifah70@gmail.com¹

Abstrak: Pembengkakan *mamae postpartum* merupakan salah satu masalah umum yang dialami oleh ibu menyusui dan sering dikaitkan dengan proses inflamasi akibat obstruksi saluran ASI atau infeksi. Penanganan farmakologis yang umum digunakan seperti ibuprofen dapat menimbulkan efek samping jika digunakan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan alternatif terapi berbasis bahan alam yang aman dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi metabolit sekunder ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*) sebagai agen antiinflamasi melalui pendekatan *in silico* terhadap target enzim *cyclooxygenase-2* (COX-2). Metode yang digunakan meliputi penentuan senyawa aktif berdasarkan literatur, pemodelan struktur molekul, analisis farmakokinetik, serta uji *molecular docking* menggunakan perangkat lunak AutoDockTools dan visualisasi menggunakan Discovery Studio. Parameter utama yang dianalisis meliputi nilai *binding affinity*, interaksi residu asam amino, dan validitas metode melalui nilai RMSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kuercetin dan kaempferol memiliki nilai *binding affinity* sebesar -8,4 kcal/mol dan -8,2 kcal/mol, mendekati ligan reseptor dan lebih tinggi dibandingkan ibuprofen (-7,0 kcal/mol). Kedua senyawa ini juga menunjukkan interaksi yang stabil dengan residu aktif COX-2 seperti Tyr355, Ser530, dan Trp387. Nilai RMSD sebesar 0,631 Å menunjukkan bahwa metode *docking* yang digunakan valid dan akurat. Sementara itu, senyawa lain seperti indole-3-carbinol dan sulforaphane juga menunjukkan aktivitas pengikatan meskipun dengan afinitas yang lebih rendah.

Kata Kunci: Anti-inflamasi, COX-2, Daun kubis, *In silico*, *Mamae postpartum*

PENDAHULUAN

Peradangan merupakan respons biologis kompleks yang terjadi akibat adanya stimulus berbahaya seperti infeksi, cedera jaringan, atau iritasi kimia. Proses ini melibatkan berbagai mediator kimia yang bekerja untuk mempertahankan homeostasis tubuh. Salah satu enzim penting yang terlibat dalam proses inflamasi adalah *cyclooxygenase-2* (COX-2), yang bertanggung jawab atas konversi asam arakidonat menjadi prostaglandin, mediator utama peradangan (Kumar *et al.*, 2012).

Salah satu kondisi inflamasi yang sering terjadi pada ibu menyusui adalah pembengkakan payudara atau *mamae postpartum*. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti sumbatan saluran ASI, infeksi bakteri seperti

Staphylococcus aureus, serta trauma pada jaringan payudara akibat teknik menyusui yang tidak tepat. Peradangan ini menyebabkan rasa nyeri, kemerahan, panas, serta pembengkakan yang mengganggu proses menyusui dan berisiko menurunkan produksi ASI. Berdasarkan data WHO dan berbagai penelitian nasional, pembengkakan *mamae postpartum* masih menjadi salah satu kendala utama dalam keberhasilan pemberian ASI eksklusif (World Health Organization, 2021).

Penatalaksanaan konvensional untuk inflamasi pada payudara *postpartum* biasanya melibatkan pemberian obat antiinflamasi nonsteroid (OAINS) seperti ibuprofen atau parasetamol. Walau efektif, penggunaan jangka panjang dari obat-obatan sintetis ini tidak lepas dari risiko efek samping seperti gangguan lambung,

hepatotoksitas, dan nefrotoksisitas (Rang *et al.*, 2012). Oleh karena itu, eksplorasi bahan alam sebagai alternatif terapeutik yang aman dan efektif menjadi prioritas riset yang penting.

Tanaman kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional, terutama untuk meredakan nyeri dan pembengkakan. Daun kubis mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid (*kuercetin* dan *kaempferol*, *glukosinolat* (*prekursor sulforaphane*), serta *indole-3-carbinol*) yang telah diketahui memiliki aktivitas antioksidan, antikanker, dan antiinflamasi. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa kompres daun kubis dapat membantu mengurangi pembengkakan pada payudara *postpartum*, meskipun bukti ilmiah berbasis molekuler masih terbatas (Podsędek, 2007).

Dalam konteks farmasi modern, pendekatan bioinformatika seperti studi *in silico* menawarkan metode yang efisien untuk mengevaluasi potensi senyawa bioaktif dari bahan alam. *Molecular docking* atau penambatan molekul yang memungkinkan analisis interaksi antara ligan (senyawa aktif) dengan target biologis tertentu, seperti enzim COX-2 (Ferreira *et al.*, 2015). Pendekatan ini dapat menghemat waktu dan biaya, serta memberikan prediksi awal yang kuat terhadap aktivitas farmakologis suatu senyawa sebelum dilanjutkan ke uji *in vitro* atau *in vivo*.

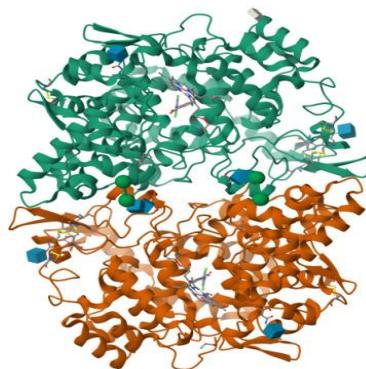
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara *in silico* potensi metabolit sekunder ekstrak daun kubis dalam menghambat aktivitas enzim COX-2 sebagai target utama inflamasi. Dengan mengintegrasikan data literatur, pemodelan molekuler, dan analisis komputasi, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan fitofarmaka berbasis daun kubis sebagai agen antiinflamasi alami untuk mengatasi pembengkakan *mamae postpartum*.

METODE PENELITIAN

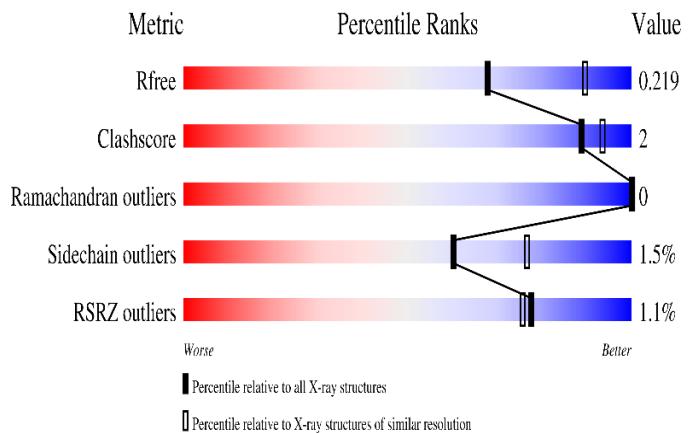
Penelitian ini dilakukan secara *in silico* dengan beberapa tahapan utama. Senyawa uji aktif dari daun kubis (*kuersetin*, *kaemferol*, *sulforafana*, *indol-3-karbinol*) ditentukan berdasarkan literatur ilmiah (Herr & Büchler, 2010). Struktur makromolekul enzim target, COX-2, diperoleh dari Protein Data Bank (PDB ID: 5IKQ) dapat dilihat pada Gambar 1. Proses preparasi reseptor meliputi pemisahan ligan asli, pembersihan molekul air, dan penambahan atom hidrogen menggunakan AutoDockTools. Validasi metode *docking* dilakukan dengan melihat nilai RMSD (*Root Mean Square Deviation*) dan diterima jika $\leq 2 \text{ \AA}$ (Meng *et al.*, 2011).

Struktur ligan disiapkan menggunakan ChemDraw dan Chem3D, lalu diuji *docking* terhadap COX-2 menggunakan perangkat lunak AutoDockTools 1.5.6. Interaksi ligan dan reseptor dianalisis dari nilai *binding affinity* serta jenis ikatan (hidrogen, hidrofobik) dan divisualisasikan menggunakan BIOVIA Discovery Studio. Visualisasi 2D dan 3D digunakan untuk menilai interaksi residu aktif penting seperti Tyr355, Ser530, dan Trp387 (Kurumbail *et al.*, 1996). Gambar 2 menunjukkan nilai afinitas ikatan serta parameter RMSD menjadi indikator utama keberhasilan simulasi validasi stereokimia struktur protein dilakukan menggunakan multi-persentil untuk memastikan bahwa mayoritas sudut torsi residu berada dalam wilayah yang diharapkan secara stereostruktural, menunjukkan struktur valid dan siap untuk simulasi *docking*.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop LENOVO AMD RYZEN 5 dengan Windows 11 Home Single Language Versi 22H2 64-bit yang dilengkapi dengan perangkat lunak, yakni sistem Operasi Windows 11, ChemDraw Ultra 12.0, Chem3D Pro 12.0, AutoDockTools 1.5.6, BIOVIA Discovery Studio 2021, Protein Data Bank dan PubChem.



Gambar 1. Protein Reseptor (5IKQ)



Gambar 2. Validitas Stereokimia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Metode Docking

Validasi *docking* dilakukan dengan menghitung nilai *Root Mean Square Deviation* (RMSD) yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara *pose* hasil *docking* dan struktur kristal referensi. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 hasil nilai RMSD sebesar 0,631 Å, Validasi *docking* dilakukan dengan menghitung nilai RMSD yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara *pose* hasil *docking* dan struktur kristal referensi. Nilai RMSD sebesar 0,631

Å diperoleh, berada jauh di bawah ambang batas 2,0 Å, yang menandakan bahwa metode *docking* memiliki akurasi tinggi dan reproduktif terhadap posisi ligan di situs aktif COX-2. Sebagai yang disampaikan (Liu *et al.*, 2017) nilai RMSD \leq 2,0 Å dianggap baik dan mencerminkan interaksi ligan dengan reseptor berada dalam posisi yang stabil dan representatif secara structural. Hal ini mengindikasikan bahwa kompleks ligan-reseptor yang dihasilkan valid secara struktural dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 3. Hasil Nilai RMSD
RMSD: 0.631 (18 to 18 atoms)

Hasil nilai *binding affinity*

Hasil *molecular docking* menunjukkan nilai *binding affinity* dari masing-masing senyawa terhadap enzim COX-2. *Binding affinity* dinyatakan dalam

satuan kcal/mol. Hal ini menunjukkan semakin negatif nilainya, semakin kuat dan stabil ikatan yang terbentuk antara ligan dan reseptornya (Forli *et al.* 2016). Nilai *binding affinity* berdasarkan hasil penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Nilai *Binding Affinity*

Senyawa	Binding Affinity (kcal/mol)
Ligan (jms)	-9.00
Kuercetin	-8.4
Kaemferol	-8.2
Ibuprofen	-7.0
Indol-3-karbinol	-6.2
Sulforafana	-4.9

Pada Tabel 1 menunjukkan Hasil *molecular docking* bahwa (JMS) asam meklofenamat memiliki nilai *binding affinity* sebesar -9.0 kcal/mol, yang merupakan nilai paling tinggi (paling negatif) di antara semua senyawa yang diuji, termasuk ibuprofen, kuercetin, kaempferol, indol-3-karbinol, dan sulforafana. Nilai ini menunjukkan bahwa JMS memiliki afinitas yang sangat kuat terhadap situs aktif enzim COX-2, sehingga diperkirakan mampu membentuk kompleks enzim-ligan yang sangat stabil.

Kuercetin menunjukkan nilai *binding affinity* sebesar -8,4 kcal/mol,

Kaemferol juga memiliki *binding affinity* yang kuat (-8,2 kcal/mol). Kaemferol mampu menekan ekspresi COX-

mendekati ligan reseptornya asli (JMS) (-9,0 kcal/mol) dan lebih berpotensi dibandingkan ibuprofen sebagai kontrol (-7,0 kcal/mol). Nilai afinitas ikatan kuercetin hampir setara dengan ligan reseptornya asli yaitu asam meklofenamat, sehingga menunjukkan bahwa kuercetin memiliki kemampuan pengikatan yang baik pada sisi aktif COX-2. Kemampuan pengikatan kuercetin terhadap sisi aktif COX-2 juga dilaporkan oleh (Li *et al.*, 2016) bahwa kuercetin memiliki aktivitas antiinflamasi melalui penghambatan ekspresi COX-2 dan produksi prostaglandin.

2. *Kaemferol* merupakan senyawa flavonoid yang secara luas telah diteliti memiliki efek antiinflamasi melalui mekanisme

penghambatan enzim COX-2. Penelitian oleh (Wang *et al.* 2023) menunjukkan bahwa kaemferol memiliki afinitas pengikatan sebesar $-9,1$ kcal/mol terhadap COX-2 dan berinteraksi dengan residu aktif seperti ARG376 dan TYR237.

Indole-3-carbinol dan *sulforafana* menunjukkan nilai *binding affinity* lebih tinggi (lebih positif), mengindikasikan interaksi yang kurang stabil dibandingkan kuercetin dan kaemferol. Nilai *binding affinity* yang lebih negatif (tinggi) menunjukkan kekuatan ikatan yang lebih tinggi dan stabil antara senyawa dengan protein target.

Hasil Interaksi Asam Amino

Hasil *binding affinity* yang telah diketahui maka dilakukan interaksi asam

amino. Interaksi antara ligan dan reseptor ditinjau dari ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, serta jarak antar atom yang berikatan. Residu aktif enzim COX-2 yang berperan penting dalam pengikatan ligan adalah: Arg120, Tyr355, Leu531, Glu524, Ser530, Trp387, Tyr385.

Berdasarkan hasil dari Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil *molecular docking* yang diperoleh menunjukkan adanya variasi pola interaksi antara (JMS) asam meklofenamat sebagai kontrol positif dengan senyawa uji lainnya seperti *kuercetin*, *kaempferol*, *ibuprofen*, *indole-3-carbinol*, dan *sulforafana* terhadap target enzim COX-2. Fokus analisis berada pada interaksi terhadap residu-residu penting sisi aktif enzim COX-2: Arg120, Tyr355, Leu531, Glu524, Ser530, Trp387, Tyr385.

Tabel 2. Interaksi Asam Amino

Senyawa	Interaksi Asam Amino			
	Ikatan Hidrogen	Jarak	Interaksi Hidrofobik	Interaksi Elektrostatik
Ligand (jms)	Tyr385 Ser530	2.34 2.58	Tyr348, Phe518, Ser535, Tyr355, Arg120, Met522, Gly526, Gly526, Phe381, Leu384, Trp387	-
Kuercetin	Ser353 Gln192	2.65 2.28	Tyr355, His90, Arg513, Ala516, Ile517, Phe518, Ala527, Trp387, Leu384, Gly526, Phe381, Ser530, Tyr348, Val523, Leu352, Val349	-
Kaemferol	Ser353	2.67	Phe518, Ala516, Ile517, Arg513, His90, Tyr355, Ala527, Gly526, Trp387, Phe381, Tyr385, Tyr348, Ser530, Val523, Val349, Leu352, Val349	-
Ibuprofen	Tyr385 Gly526	2.51 2.87	Arg120, Leu531, Val116, Leu359, Tyr355, Ser353, Tyr348, Ser330, Phe381, Leu384, Trp387, Leu352, Val349, Met522, Ala527, Phe518, Val523	-
Indol-3-karbinol	Met522	2.19	Tyr387, Gly526, Leu384, Ser353, Ser353, Trp387, Phe518, Val523, Leu352, Val349, Ala527	-
Sulforafana	Ser530 Tyr385 Met522	2.64 2.21 3.50	Leu384, Phe381, Val349, Gly526, Phe518, Leu352, Ala527, Val523, Tyr348, Trp387	

Asam meklofenamat (JMS) sebagai obat antiinflamasi yang diketahui bekerja langsung pada COX-2, menunjukkan interaksi yang lengkap terhadap tiga residu utama, yaitu Tyr385, Ser530, dan Trp387, serta residu Tyr355 melalui interaksi hidrofobik. Keempat residu ini merupakan bagian dari sisi aktif COX-2 yang sangat berperan dalam konversi asam arakidonat menjadi prostaglandin. Interaksi hidrogen dengan Tyr385 (2,34 Å) dan Ser530 (2,58 Å) menunjukkan kekuatan dan spesifisitas ikatan yang tinggi.

Kuercetin membentuk ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik dengan residu aktif COX-2 seperti Tyr355, Ser530, dan Trp387, mendukung potensinya sebagai inhibitor alami COX-2. Kaempferol, yang secara struktural mirip dengan kuercetin, menunjukkan pola interaksi yang lebih menyerupai JMS. Kaempferol berinteraksi langsung dengan Ser530, Tyr385, Trp387, dan Tyr355, baik secara hidrogen maupun hidrofobik. Kemiripan interaksi ini mengindikasikan bahwa kaempferol dan kuercetin memiliki potensi untuk menggantikan peran JMS sebagai inhibitor COX-2, terlebih lagi dengan nilai *binding affinity* yang tinggi (-8,2 kcal/mol). Ikatan hidrogen pada Ser353 dan keterlibatan residu Tyr385 dan Ser530 memperkuat potensi kaempferol dan kuercetin sebagai kandidat antiinflamasi.

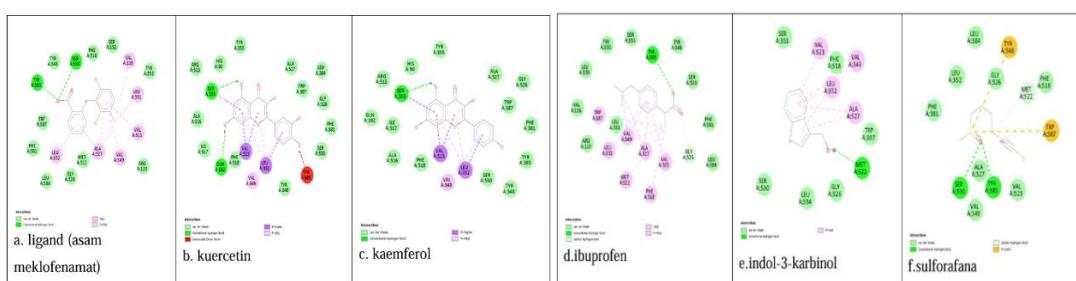
Hasil *molecular docking* menunjukkan bahwa senyawa kaempferol

dan kuercetin berinteraksi langsung dengan beberapa residu ini, yang mengindikasikan bahwa senyawa tersebut dapat berperan sebagai inhibitor kompetitif terhadap enzim COX-2 (Kurumbail *et al.*, 1996). Menurut Furman *et al.*, 2004), inhibitor COX-2 yang efektif harus dapat berikatan dengan Ser530 dan Tyr385 untuk menghambat jalur konversi asam arakidonat menjadi prostaglandin. Kuercetin dan kaempferol berhasil menunjukkan interaksi pada residu-residu tersebut.

Hasil Visualisasi 2D

Visualisasi dua dimensi (2D) kompleks antara ligan dan enzim COX-2 dilakukan guna mendukung data numerik hasil *molecular docking*. Visualisasi ini bertujuan untuk menunjukkan orientasi ligan di dalam kantong pengikatan enzim, jenis serta lokasi interaksi yang terbentuk, dan residu-residu asam amino yang terlibat secara langsung dalam proses pengikatan.

Gambar 4 menyajikan representasi visual 2D dari interaksi antara masing-masing senyawa dan enzim COX-2 berdasarkan *pose* terbaik (mode a) hasil *docking*. Ikatan hidrogen ditunjukkan dengan garis putus-putus, sedangkan interaksi hidrofobik ditandai dengan simbol lengkung. Jarak antar atom yang berinteraksi juga ditampilkan untuk menunjukkan kedekatan molekuler antar ligan dan residu enzim.



Gambar 4. Visualisasi 2D

Berdasarkan hasil pada Gambar 4 visualisasi 2D menunjukkan bahwa Senyawa asam meklofenamat atau JMS (ligan asli) merupakan senyawa yang digunakan sebagai kontrol positif molekuler karena merupakan ligan aktif (native ligan) yang secara alami berikatan dengan enzim COX-2 pada struktur kristal PDB ID: 5IKQ. Senyawa ini merupakan golongan obat non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) dari turunan asam fenamat, yang dikenal bekerja secara selektif terhadap COX-2.

Hasil *docking* menunjukkan nilai *binding affinity* sebesar -9.0 kcal/mol, nilai terendah dalam seluruh uji yang dilakukan, menandakan ikatan yang sangat kuat dan kompleks ligan-enzim yang stabil. Asam meklofenamat berinteraksi langsung dengan residu-residu penting seperti Tyr385, Ser530, dan Arg120, yang merupakan bagian dari situs aktif enzim COX-2. Ikatan hidrogen yang terbentuk dengan Tyr385 (2.34 Å) dan Ser530 (2.58 Å) memperkuat afinitas ikatan ini. Berdasarkan literatur residu Tyr385 berperan sebagai bagian dari domain katalitik oksidatif, sedangkan Ser530 merupakan target utama inhibisi enzim oleh NSAID. Dengan demikian, interaksi kuat yang terbentuk oleh JMS dapat divalidasi sebagai bukti kemampuannya dalam menghambat aktivitas enzim COX-2 secara langsung.

Kuercetin menunjukkan afinitas yang tinggi terhadap COX-2 dengan nilai *binding affinity* sebesar -8.4 kcal/mol. Nilai ini sangat mendekati ligan reseptor asli (JMS) dan lebih baik dibandingkan ibuprofen, yang memiliki nilai -7.0 kcal/mol. Hal ini mengindikasikan bahwa kuercetin memiliki kemampuan pengikatan yang sangat baik terhadap situs aktif COX-2. Berdasarkan analisis interaksi, kuercetin membentuk ikatan hidrogen dengan residu Ser353 (2.65 Å) dan Gln192 (2.28 Å), serta menjalin interaksi hidrofobik dengan residu Tyr355, His90, Ser530, dan Trp387 yang merupakan bagian dari sisi aktif enzim COX-2. Interaksi ini mendukung stabilitas

kompleks dan menunjukkan bahwa kuercetin dapat berperan sebagai inhibitor alami COX-2. Penelitian terdahulu oleh (Kartasasmita *et al*, 2009) dan (Khoswanto *et al*, 2022) telah menunjukkan hasil serupa, kuercetin berikatan kuat dengan residu aktif COX-2, serta memiliki *rerank score* yang lebih baik dibandingkan diclofenac (Pharmaceutical, 2023).

Kaemferol, senyawa flavonoid lain yang juga terkandung dalam ekstrak daun kubis, menunjukkan nilai *binding affinity* sebesar -8.2 kcal/mol. Nilai ini hampir setara dengan kuercetin dan jauh lebih baik dibandingkan ibuprofen. Kaemferol membentuk ikatan hidrogen dengan residu Ser353 (2.67 Å), dan berinteraksi secara hidrofobik dengan beberapa residu aktif penting seperti Tyr355, Ser530, Trp387, dan Tyr385. Penelitian oleh (Zhu *et al*, 2023) secara *in vitro* menunjukkan bahwa kaemferol dapat menurunkan ekspresi enzim COX-2 dan PGE2, yang memperkuat temuan dari analisis *in silico* bahwa senyawa ini berpotensi sebagai antiinflamasi alami.

Ibuprofen, yang digunakan sebagai kontrol karena merupakan obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID), memiliki nilai *binding affinity* sebesar -7.0 kcal/mol. Ibuprofen membentuk ikatan hidrogen dengan residu Tyr385 (2.51 Å) dan Gly526 (2.87 Å), serta berinteraksi dengan residu aktif seperti Tyr355, Ser530, dan Trp387. Meskipun memiliki interaksi yang mirip dengan kuercetin, afinitas ikatannya lebih lemah, menandakan bahwa senyawa alami seperti kuercetin dan kaemferol berpotensi menjadi alternatif atau komplementer terhadap ibuprofen.

Indole-3-carbinol menunjukkan nilai *binding affinity* sebesar -6.2 kcal/mol, lebih rendah dibandingkan ketiga senyawa sebelumnya. *Indole-3-carbinol* membentuk ikatan hidrogen dengan residu Met522 (2.19 Å) dan berinteraksi secara hidrofobik dengan Ser530, Trp387, dan Val523. Penelitian oleh (Boryczka *et al*, 2014) menjelaskan bahwa senyawa indol-3-karbinol dapat dimodifikasi secara

struktural untuk meningkatkan afinitas dan selektivitas terhadap COX-2. Meski demikian, I3C tetap menunjukkan interaksi yang signifikan dengan situs aktif COX-2.

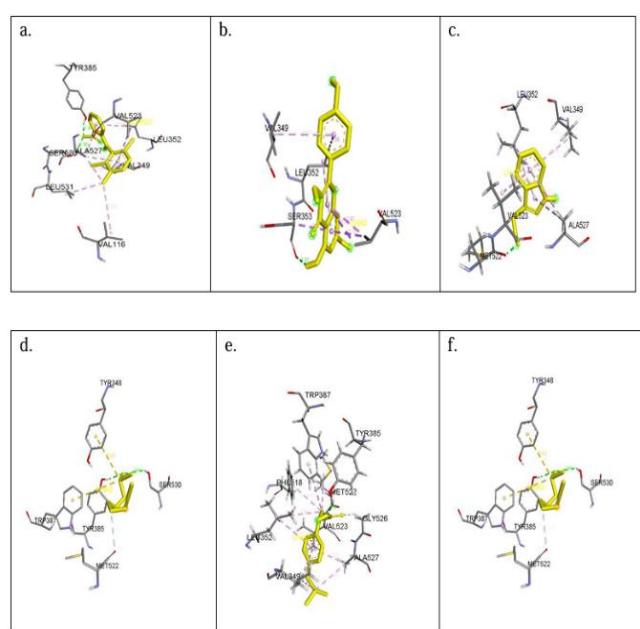
Sulforafana memiliki nilai *binding affinity* paling rendah yaitu -4.9 kcal/mol. Meskipun senyawa ini membentuk tiga ikatan hidrogen dengan Ser530 (2.64 Å), Tyr385 (2.21 Å), dan Met522 (3.50 Å), serta berinteraksi melalui gaya hidrofobik dan elektrostatik dengan residu Tyr348 dan Trp387. Studi oleh (Yilmaz *et al*, 2025) menunjukkan bahwa sulforafana mampu menghambat COX-2 hingga 94,6% secara *in vitro*, menunjukkan bahwa meskipun afinitas ikatan tidak sebesar senyawa lain, sulforafana tetap berpotensi sebagai agen antiinflamasi dengan mekanisme kompleks.

Berdasarkan keseluruhan data, terlihat bahwa kuercetin dan kaemferol memiliki prediksi paling menonjol sebagai inhibitor COX-2 dan mendekati ligan asli baik dari segi nilai afinitas ikatan maupun

jenis dan jumlah interaksi dengan residu aktif. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder dari daun kubis dapat dijadikan kandidat potensial dalam pengembangan agen antiinflamasi alami yang bekerja melalui jalur penghambatan COX-2.

Hasil Visualisasi 3D

Dalam studi *in silico*, visualisasi struktur tiga dimensi (3D) dari senyawa ligan merupakan tahap krusial dalam memahami interaksi antara senyawa uji dan target protein. Struktur 3D memberikan gambaran spasial mengenai bentuk dan orientasi molekul, termasuk posisi gugus fungsional penting yang terlibat dalam interaksi molekul-target, seperti pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik. Dengan demikian, struktur 3D ligan sangat berperan dalam menentukan kekuatan dan spesifitas ikatan antara ligan dan reseptor.



Gambar 5. Visualisasi 3D (a:Ligan (asam meklofenamat) b: Kaemferol, c: sulforafana, d: indo-3-karbinol. e: ibuprofen, f: kuercetin)

Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 5 bahwa Kuersetin menunjukkan

interaksi kuat dengan residu aktif COX-2, seperti GLN192, SER353, TYR385, dan

VAL523, melalui ikatan hidrogen (jarak 2,28–2,65 Å) dan interaksi hidrofobik. Struktur aromatik dan banyaknya gugus – OH memungkinkan pengikatan yang kompleks dan stabil, lebih unggul dibandingkan ibuprofen yang cenderung hanya membentuk ikatan hidrofobik terbatas.

Kaemferol juga berinteraksi kuat dengan COX-2 melalui ikatan hidrogen dan π – π stacking, didukung oleh struktur flavonoid planar yang sesuai dengan kantong aktif enzim. Senyawa ini dilaporkan mampu menghambat ekspresi COX-2 dan mediator inflamasi lainnya seperti *IL-6* dan *TNF- α* .

Indole-3 carbinol memiliki struktur kecil dan planar, memungkinkan penetrasi sel yang baik, tetapi interaksinya dengan COX-2 lebih lemah karena minimnya gugus polar. Sementara itu, *sulforafana* dengan rantai alifatik fleksibel dan gugus isothiocyanate bekerja secara tidak langsung melalui aktivasi jalur antioksidan *Nrf2* dan inhibisi *NF- κB* .

Sebagai pembanding, ibuprofen merupakan obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID) yang memiliki struktur kecil dan kaku, terdiri atas satu cincin aromatik dan satu gugus karboksilat (-COOH). Dalam konfigurasi tiga dimensi, struktur ibuprofen sangat sesuai dengan ukuran kantong aktif enzim COX-1 dan COX-2, serta memiliki gugus polar yang memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen dengan residu aktif. Ibuprofen bekerja sebagai inhibitor kompetitif yang secara langsung menghambat aktivitas enzim pembentuk prostaglandin, sehingga efektif dalam menurunkan inflamasi secara cepat. Namun demikian, ukuran molekul yang kecil dan sifat pengikatan yang tidak selektif terhadap COX-2 menyebabkan ibuprofen juga menghambat COX-1, yang bersifat protektif terhadap mukosa gastrointestinal. Hal ini yang menjadi dasar efek samping gastrointestinal dari penggunaan ibuprofen jangka panjang.

Pada ligan asli (JMS) terlihat interaksi kuat dengan residu seperti

TYR385, VAL523, dan ALA527, serta ikatan hidrogen dengan SER530. Senyawa ini menunjukkan interaksi hidrofobik yang baik dengan (VAL116, LEU531, dan LEU352), memperkuat afinitas ligan terhadap reseptor. Orientasi planar cincin aromatik mendukung stabilitas ikatan melalui π – π stacking. Hal ini menunjukkan afinitas tinggi dan posisi stabil di situs aktif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *molecular docking* terhadap enzim *Cyclooxygenase-2* (COX-2) sebagai target utama dalam jalur molekuler inflamasi, dapat disimpulkan bahwa senyawa bioaktif dalam daun kubis memiliki kemampuan dalam menghambat aktivitas molekuler inflamasi yang relevan dengan kondisi pembengkakan *mamae postpartum*.

Senyawa *kuercetin* dan *kaempferol*, sebagai dua metabolit utama dari daun kubis, menunjukkan nilai *binding affinity* yang tinggi terhadap COX-2 (-8,4 dan -8,2 kcal/mol secara berurutan) serta membentuk interaksi stabil dengan residu-residu kunci enzim seperti Tyr385, Ser530, dan Trp387. Interaksi ini sebanding bahkan lebih kuat dibandingkan ibuprofen, obat antiinflamasi klinis yang hanya menunjukkan afinitas -7,0 kcal/mol dibandingkan dengan asam meklofenamat (JMS) sebagai ligan aktif kristal COX-2 (-9,0 kcal/mol), senyawa daun kubis tersebut menunjukkan performa molekuler yang kompetitif.

Sementara itu, senyawa lain seperti indol-3-karbinol dan sulforafana menunjukkan afinitas dan interaksi molekuler yang lebih lemah terhadap COX-2, menandakan peran antiinflamasi yang lebih kecil melalui jalur tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Program Studi D3 Farmasi Fakultas Kesehatan, Universitas Islam Madura yang ikut serta membantu penelitian ini. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap

ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Putra, K. S., Amin, I. F., Earlia, N., Maulina, D., Lukiat, B., & Lestari, U. (2018). Kuercetin: The Bioactive Compound from *Allium cepa* L. As Anti-inflammation Based on *In Silico* Screening. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 7(1), 27–31. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2018.71.27-31>
- Apriyani, T., Rahma, M., Aryanti, & Lestari, I. (2021). Kompres Daun Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Terhadap Penurunan Intensitas Nyeri Dan Pembengkakan Payudara Ibu Postpartum. *Cendekia Medika*, 6(2), 94–102. <https://doi.org/10.52235/cendekiamedika.v6i2.95>
- Barnes, N. L. P., & Bundred, N. J. (2005). COX-2 Inhibitors in Breast Cancer. *Breast Cancer Online*, 8(10). <https://doi.org/10.1017/S1470903105004037>
- Dewi, T. M. A. M. R. S. (2016). *Tinjauan Kubis*. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Farmaka Tropis Fakultas Farmasi Universitas Mualawarman, Samarinda.
- Georgiou, N., Kakava, M. G., Routsi, E. A., Petsas, E., Stavridis, N., Freris, C., ... & Mavromoustakos, T. (2023). Kuercetin: A potential Polydynamic Drug. *Molecules*, 28(24), 1–28. <https://doi.org/10.3390/molecules28248141>
- Gultom, D. K., Saraswati, I., & Sasikirana, W. (2021). Determination of Total Phenolic Content And Antioxidant Activity of Ethyl Acetate Fraction Extract Ethanolic Red Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, 1(2), 79–87.
- Gunarti, N. S., Ruswanto, R., Angelica, E. O., & Hidayah, H. (2024). Bioinformatics Studies of Flavonoid Derivatives Compound from Saga Rambat Leaves as an Antipyretic Candidate. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 26(12), 466–476. <https://doi.org/10.14710/jksa.26.12.466-476>
- Ilmiah, J., & Imelda, K. (2022). Studi Kasus: Asuhan Kebidanan Dalam Masa Nifas Dengan Mastitis. *Jurnal Ilmiah Kebidanan*, 8(2), 48–52.
- Journal of Pharmaceutical. (2023). *Molecular Docking of Compound with Potential as Anti-Breast Cancer: Literature Review*. *Journal of Pharmaceutical*, 6(2), 416–427.
- Mardianingrum, R., Bachtiar, K. R., Susanti, S., Nuraisah, A. N., & Ruswanto, R. (2021). Studi *In Silico* Senyawa 1,4-naphthalenedione-2-ethyl Hydroxy Sebagai Antiinflamasi Dan Antikanker Payudara. *Alchemy: Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 83–95. <https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.43979.83-95>
- Ngurah, G., Candra, H., Adnyana, I. M., & Wijaya, P. (2021). *Molecular Docking* Kaempferol Sebagai Antiinflamasi Pada Aterosklerosis Secara *In Silico*. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(1), 13–18.
- Ningrum, N. W., Rohani, S., & Haryono, I. A. (2023). Efektivitas Daun Kubis Untuk Mengurangi Pembengkakan Payudara Masa Nifas Di Wilayah Puskesmas Mataraman. *Health Care: Jurnal Kesehatan*, 12(1), 194–199. <https://doi.org/10.36763/healthcare.v12i1.365>

- Podsędek, A. (2007). Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Rokayya, S., Li, C. J., Zhao, Y., Li, Y., & Sun, C. H. (2013). Cabbage (*Brassica oleracea L. var. capitata*) Phytochemicals with Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 14(11), 6657–6662. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2013.14.11.6657>
- Ruhee, R. T., & Suzuki, K. (2024). The Immunomodulatory Effects of Sulforaphane in Exercise-Induced Inflammation and Oxidative Stress: A Prospective Nutraceutical. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/ijms25031790>
- Selvaraj, J., Vishnupriya, V., Sardar, H., & Papayya, J. (2022). Molecular Docking Analysis of COX-2 for Potential Inhibitors. *Bioinformation*, 18(10), 853–860. <https://doi.org/10.6026/97320630016753>
- Thenios, L., & Komari, N. (2022). Kajian Molecular Docking Senyawa Kuercetin Dari Buah Terong Pokak (*Solanum torvum Swartz*) Sebagai Antiinflamasi Pada Protein Tumor Necrosis Factor- α (TNF- α). *Jurnal Natural Scientiae*, 2(1). <https://doi.org/10.20527/jns.v2i1.4462>
- Zhu, Q., Han, Y., He, Y., Fu, Y., Yang, H., Chen, Y., & Shi, Y. (2023). Kaempferol Improves Breast Cancer-Related Depression Through The COX-2/PGE2 Pathway. *Molecules*, 28(11), 311.

EKSPLORASI POTENSI SENYAWA SHOGAOL, ZINGERONE, PIPERIDINE, GINGEROL, GINGERDIONE PADA JAHE (*Zingiber officinale*) SEBAGAI AFRODISIAK MELALUI PENDEKATAN *IN SILICO*

Faiq Pradila^{1*}, Taufikurrahman², Alief Putriana Rahman³

Universitas Islam Madura¹²³

faiqfaradila479@gmail.com¹, taufik.go611@gmail.com²,

aliefputriana@gmail.com³

Abstrak: Disfungsi ereksi (DE) merupakan salah satu bentuk gangguan seksual yang banyak dialami oleh pria dan seringkali ditangani dengan obat-obatan sintetis seperti sildenafil sitrat yang memiliki efek samping serius. Jahe (*Zingiber officinale*) mengandung senyawa aktif seperti gingerol, shogaol, zingerone, piperidine, dan gingerdione yang diduga memiliki aktivitas afrodisiak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi senyawa aktif dalam jahe sebagai afrodisiak melalui pendekatan *in silico* dengan target enzim *Phosphodiesterase* tipe 5 (PDE5). Metode yang digunakan meliputi preparasi ligan dan reseptor, uji farmakokinetik (Lipinski dan ADMET), validasi metode *docking*, dan analisis *molecular docking* menggunakan AutoDock Vina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa gingerol dan gingerdione memiliki nilai *binding affinity* paling kuat terhadap enzim PDE5, masing-masing sebesar -7,7 dan -7,4 kcal/mol, mendekati nilai kontrol sildenafil (-10,1 kcal/mol). Kedua senyawa juga berikatan pada sisi aktif enzim melalui interaksi hidrogen dan hidrofobik. Seluruh senyawa memenuhi kriteria farmakokinetik dan tidak menunjukkan potensi toksik. Berdasarkan temuan tersebut, jahe berpotensi dikembangkan sebagai afrodisiak alami alternatif yang lebih aman dibandingkan obat sintetis.

Kata Kunci: *Zingiber officinale*, gingerol, gingerdione, disfungsi ereksi, *in silico*, PDE5, afrodisiak.

PENDAHULUAN

Libido atau hasrat seksual memiliki peran penting dalam menjaga kehidupan seksual yang sehat. Penurunan libido sering kali menjadi pemicu konflik dalam hubungan dan dapat merupakan bagian dari disfungsi seksual, seperti disfungsi ereksi (DE) dan ejakulasi dini (Patala et al., 2024). DE sendiri dapat dipicu oleh berbagai faktor fisik, termasuk kesehatan yang buruk, kebiasaan merokok, kurangnya aktivitas fisik, faktor genetik, kelainan saraf, penggunaan narkoba, dan efek samping terapi seperti radiasi (Kamalia et al., 2024).

DE merupakan kondisi patologis yang ditandai dengan ketidakmampuan yang persisten untuk mencapai atau mempertahankan ereksi yang cukup memadai untuk hubungan seksual yang

memuaskan. Terapi utama yang digunakan adalah sildenafil sitrat (Viagra), penghambat enzim fosfodiesterase-5 (PDE-5) yang meningkatkan kadar cGMP dan memperpanjang ereksi. Namun, obat ini bukan afrodisiak dan tidak berpengaruh langsung terhadap libido (Dewi et al., 2024). Selain itu, penggunaannya memerlukan pengawasan medis karena berpotensi menimbulkan efek samping serius seperti gangguan penglihatan dan pendengaran, serangan jantung, stroke, hingga kematian. Efek umum yang sering dilaporkan adalah sakit kepala, dispepsia, dan hidung tersumbat, yang terjadi pada sekitar 6–18% pengguna (Kurnia et al., 2024).

Secara fisiologis, ereksi terjadi karena rangsangan sistem saraf parasimpatis yang memicu pelepasan Nitric

Oxide (NO), meningkatkan kadar cGMP, dan menyebabkan relaksasi otot polos di pembuluh darah penis. Gangguan pada jalur ini menjadi penyebab utama DE (Kamalia et al., 2024). Berdasarkan studi pada Desember 2021 hingga Januari 2022, 64,2% penderita DE adalah pria berusia di atas 60 tahun, dan 59,7% memiliki volume prostat >40 ml. Dari seluruh pasien, 94% memilih terapi operatif, sedangkan sisanya terapi medikamentosa, dengan kecenderungan menggunakan pendekatan kombinasi.

Minat terhadap alternatif pengobatan alami terus meningkat, salah satunya adalah jahe (*Zingiber officinale*), yang telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional untuk gangguan pencernaan, nyeri sendi, pilek, dan peningkatan kesuburan pria (Dari & Jahe, 2023). Dalam konteks pengembangan obat alami, metode *in silico* menjadi pendekatan penting untuk memprediksi aktivitas senyawa terhadap target biologis seperti PDE-5. Teknik ini meliputi pemodelan molekuler, *docking*, dan simulasi dinamika molekul, yang memungkinkan analisis interaksi senyawa aktif jahe dengan protein target secara efisien sebelum uji biologis dilakukan. Pemanfaatan jahe melalui pendekatan *in silico* berpotensi menawarkan terapi DE yang lebih aman, alami, hemat biaya, dan berbasis ilmiah.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana potensi aktivitas afrodisiak dari senyawa aktif dalam jahe (*Zingiber officinale*) terhadap enzim PDE5 berdasarkan pendekatan *in silico*?

Penelitian ini bertujuan untuk menilai dan menganalisis potensi senyawa aktif dalam jahe, yaitu gingerol, shogaol, zingerone, piperidine, dan gingerdione sebagai kandidat afrodisiak alami melalui mekanisme penghambatan enzim PDE5 menggunakan pendekatan *in silico*.

Penelitian ini diharapkan dapat memperkuat pemanfaatan metode *in silico*

sebagai alat uji awal dalam mengevaluasi aktivitas farmakologis senyawa bioaktif dari bahan alami.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *in silico* dengan pendekatan *molecular docking* untuk mengevaluasi potensi aktivitas afrodisiak senyawa aktif dari jahe (*Zingiber officinale*) terhadap enzim fosfodiesterase-5 (PDE5). Proses ini bertujuan untuk menganalisis interaksi molekul jahe, seperti gingerol, shogaol, zingerone, piperidine, dan gingerdione dengan target protein PDE5 (PDB ID: 2H42).

Lokasi Penelitian

Seluruh kegiatan penelitian dilakukan di laboratorium bioinformatika yang memiliki perangkat lunak dan infrastruktur komputasi memadai untuk mendukung simulasi molekuler dan analisis *docking*.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas:** Konsentrasi senyawa aktif dalam jahe (gingerol, shogaol, zingerone) yang dimanipulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap efektivitas penghambatan enzim PDE5.
- Variabel terikat:** Aktivitas penghambatan senyawa terhadap enzim PDE5, diukur melalui afinitas pengikatan berdasarkan hasil *docking*.

Kerangka Konseptual

Kerangka ini menggambarkan hubungan antara senyawa aktif jahe dengan pengaruhnya terhadap aktivitas enzim PDE5, sebagai indikator potensial efek afrodisiak. Libido atau hasrat seksual sangat penting untuk kehidupan seksual yang sehat, dan penurunannya dapat menimbulkan konflik dalam hubungan serta

berkontribusi pada disfungsi seksual seperti disfungsi ereksi (DE) (Patala et al., 2024).

Saat ini, terapi DE umumnya menggunakan inhibitor PDE-5 seperti sildenafil (Viagra), namun penggunaannya sering menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan. Beberapa penelitian menunjukkan tanaman herbal seperti jahe (*Zingiber officinale*) memiliki potensi sebagai afrodisiak alami yang lebih aman, karena senyawa aktifnya seperti gingerol, shogaol, zingerone, serta senyawa fenolik, flavonoid, dan saponin diketahui memiliki efek antiinflamasi dan mendukung kesehatan reproduksi (Nashiro et al., 2022; Kementerian Pertanian, 2008).

Pendekatan in silico telah digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk menganalisis potensi senyawa bioaktif terhadap target biologis seperti PDE-5, melalui teknik molecular docking yang dapat memprediksi interaksi senyawa dengan enzim target (Ejiofor Innocent Mary Ifedibaluchekwu, 2024). Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada analisis potensi senyawa aktif dalam jahe sebagai penghambat PDE-5 menggunakan metode in silico, dengan hipotesis bahwa kandungan senyawa aktif dalam jahe berpotensi sebagai afrodisiak melalui mekanisme penghambatan enzim PDE-5.

Prosedur Penelitian

1. Alat dan Perangkat Lunak:

Penelitian dilakukan menggunakan laptop dengan spesifikasi Intel Core i5, RAM 8GB, dan sistem operasi Windows 10 Pro. Perangkat lunak yang digunakan antara lain:

- AutoDock Tools 1.5.6,

- AutoDock Vina,
- PyMOL,
- BIOVIA Discovery Studio 2021,
- SwissADME dan pkCSM untuk analisis farmakokinetika.

Data protein diambil dari Protein Data Bank, dan data senyawa dari PubChem.

2. Bahan Penelitian: Protein target adalah enzim PDE5 (PDB ID: 2H42). Senyawa uji yang digunakan terdiri dari gingerol, shogaol, zingerone, piperidine, dan gingerdione. Senyawa pembanding adalah sildenafil, sebagai kontrol positif.

3. Tahapan Penelitian

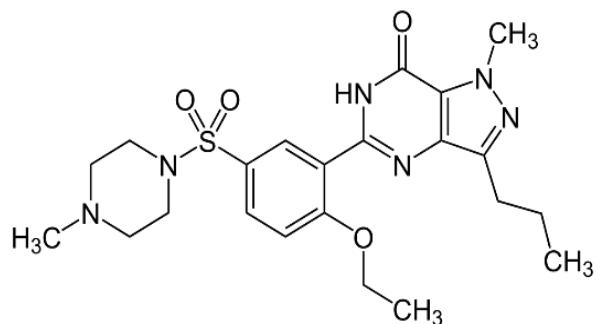
a. Penentuan Senyawa Uji: Struktur protein PDE5 diunduh dari Protein Data Bank. Pembersihan protein dari air dan residu dilakukan menggunakan Molegro Molecular Viewer dan AutoDockTools. Atom hidrogen ditambahkan untuk simulasi interaksi mendekati kondisi fisiologis.

b. Preparasi Ligan: Senyawa uji diunduh dari PubChem dalam format SDF dan dikonversi ke format .pdbqt menggunakan AutoDockTools setelah dilakukan penyesuaian titik rotasi ligan.

c. Preparasi Reseptor: Protein PDE5 dibersihkan dari molekul air dan ditambahkan polar hidrogen untuk simulasi optimal. File disiapkan dalam format .pdbqt.



Gambar 2. 3D PDE5 yang mengikat ligan uji



Gambar 3. Struktur Sildenafil

d. Validasi Metode Docking:

Validasi dilakukan dengan mengatur *grid box* di sekitar situs aktif protein dengan ukuran spesifik ($16 \times 16 \times 14$) dan pusat koordinat ($x=31.942$, $y=120.230$, $z=10.286$). Nilai RMSD yang diperoleh dari *docking* dianalisis; nilai RMSD ≤ 2 Å menunjukkan akurasi dan kemiripan konformasi ligan terhadap posisi asli.

Penelitian ini mengandalkan parameter *binding affinity* dan RMSD untuk mengevaluasi kekuatan interaksi ligan terhadap enzim PDE5. Semakin rendah nilai energi afinitas, semakin besar potensi penghambatan ligan terhadap enzim target, yang menunjukkan potensi senyawa sebagai afrodisiak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini akan menyajikan hasil analisis *in silico* terhadap potensi senyawa aktif jahe sebagai inhibitor PDE-5, meliputi evaluasi afinitas pengikatan, interaksi molekuler, serta prediksi sifat farmakokinetik dan toksisitas.

Preparasi Reseptor

Reseptor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan enzim *phosphodiesterase* tipe 5 (PDE5) dengan kode Protein Data Bank (PDB) 2H42, yang diperoleh dari basis data struktur makromolekul Protein Data Bank. Preparasi reseptor dilakukan dengan AutoDock Tools, yang mencakup penghapusan molekul air dan ligan bawaan serta penambahan hidrogen polar dan muatan parsial Gasteiger. Proses ini bertujuan untuk mengoptimalkan struktur protein sebelum *docking*. Area ikatan ditentukan dengan *grid box* pada koordinat pusat tertentu untuk memastikan lokasi aktif protein tercakup secara presisi selama proses *docking*.

Preparasi Ligan Uji

Lima senyawa aktif dari jahe shogaol, zingerone, piperidine, gingerol, dan gingerdione diambil dari database PubChem dan dipreparasi menggunakan AutoDock Tools. Proses preparasi termasuk konversi format, penambahan hidrogen polar, dan penetapan ikatan rotasi sebelum disimpan sebagai file .pdbqt. Berikut adalah tabel dari struktur senyawa uji:

Tabel 2. Struktur Senyawa Uji

Nama Senyawa	CID PubChem	Struktur 2D
Shogaol	5281794	
Zingerone	31211	
Piperidine	8082	
Gingerol	442793	
Gingerdione	162952	

1. Uji Farmakokinetik (Lipinski)

Semua ligan uji memenuhi aturan Lipinski yang meliputi berat molekul ≤ 500 g/mol, $\log P \leq 5$, jumlah donor dan akseptor ikatan hidrogen masing-masing ≤ 5 dan ≤ 10 . Hal ini menunjukkan bahwa kelima senyawa memiliki sifat farmakokinetik yang

baik dan dapat diserap tubuh dengan efisien. Piperidine tercatat sebagai senyawa dengan berat molekul terkecil dan $\log P$ terendah, menunjukkan kemungkinan absorpsi tertinggi. Berikut adalah tabel Lipinski:

Tabel 3. Lipinski

Senyawa Uji	MW (g/mol)	Log P	HBD	Hidrogen Aseptor	Memenuhi aturan lipinski
Shogaol	276,37	2,9	1	3	Ya
Zingerone	194,23	1,42	1	3	Ya
Piperidine	85,15	0,76	1	1	Ya
Gingerol	294,39	2,14	2	4	Ya
Gingerdione	292,37	2,05	1	4	Ya

2. Uji ADMET

Hasil prediksi ADMET melalui pkCSM menunjukkan bahwa semua senyawa uji memiliki nilai absorpsi usus yang tinggi (92–100%), tidak menghambat enzim CYP2D6, serta aman dari toksisitas mutagenik (Ames test: No). Distribusi senyawa juga baik ($VD_{ss} > -0,15$), dan nilai total

clearance menunjukkan bahwa semua senyawa dapat diekskresikan secara efisien. Hasil ini menunjukkan bahwa semua senyawa memiliki profil farmakokinetik dan toksikologi yang layak untuk diuji lebih lanjut melalui docking molekuler. Berikut adalah tabel dari hasil uji ADMET:

Tabel 4. Hasil ADMET

Senyawa	Intestinal absorption (human)	VDss	CYP2D6 inhibitor	Total Clearance	Ames Toxicity
Shagoal	92,686	0,501	No	1,44	No
Zingerone	94,103	0,177	No	0,307	No
Piperidine	100	0,503	No	1,093	No
Gingerol	92,416	0,524	No	1,339	No
Gingerdione	93,34	0,311	No	1,44	No

Validasi Metode Docking

Validasi metode docking menunjukkan bahwa nilai RMSD yang diperoleh adalah 0.743 \AA , jauh di bawah ambang batas validasi ($\leq 2 \text{ \AA}$). Hal ini menandakan bahwa metode dan pengaturan grid box yang digunakan mampu mereplikasi posisi ligan pada situs aktif

dengan akurasi tinggi, sehingga valid untuk digunakan dalam docking senyawa uji.

Analisis Hasil Molecular Docking

Penelitian ini menggunakan parameter utama berupa nilai *binding affinity* (ΔG) dan interaksi antara residu asam amino dengan ligan melalui ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen menjadi fokus

penting karena merupakan bentuk interaksi terkuat antara ligan dan reseptor. Nilai *binding affinity* dan jenis interaksi ini digunakan untuk mengevaluasi potensi

senyawa aktif jahe dalam menghambat aktivitas protein PDE5 (2H42), sebagaimana disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Binding Affinity

Senyawa	<i>Binding Affinity</i> (kcal/mol)
Sildenafil	-10,1
Shogaol	-7,3
Zingerone	-6,4
Piperidine	-3,8
Gingerol	-7,7
Gingerdione	-7,4

Binding affinity merupakan ukuran kekuatan interaksi pengikatan antara protein target (dalam hal ini enzim PDE5) dengan senyawa ligan. Nilai *binding affinity* yang semakin negatif mencerminkan interaksi non-kovalen yang lebih stabil dan kuat antara ligan dan situs aktif reseptor. Hal ini menunjukkan afinitas ligan yang tinggi terhadap target protein, sehingga berpotensi meningkatkan kemampuan ligan dalam menghambat aktivitas biologis protein tersebut secara selektif dan efisien (Rosyidah *et al.*, 2022).

Berdasarkan **Tabel 5. Binding Affinity**, diperoleh bahwa senyawa kontrol

sildenafil memiliki nilai *binding affinity* paling kuat yaitu -10,1 kcal/mol. Di antara senyawa uji dari jahe, **gingerol** (-7,7 kcal/mol) dan **gingerdione** (-7,4 kcal/mol) menunjukkan potensi ikatan yang paling mendekati sildenafil, disusul oleh shogaol (-7,3 kcal/mol), zingerone (-6,4 kcal/mol), dan piperidine (-3,8 kcal/mol). Meskipun tidak sekuat kontrol, hasil ini menunjukkan bahwa gingerol dan gingerdione tetap memiliki daya hambat yang cukup signifikan terhadap enzim PDE5, sehingga berpotensi sebagai senyawa afrodisiak alami alternatif.

Tabel 6. Interaksi Asam Amino

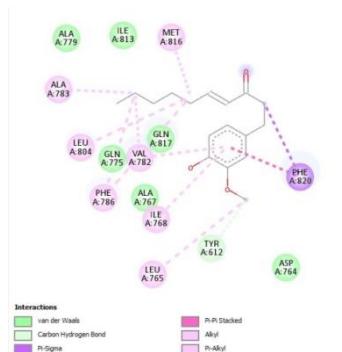
Senyawa	Ikatan Hidrogen	Jarak	Interaksi Hidrofobik	Interaksi Elktrostatik
Shogaol	Tidak berikatan hidrogen pada hidrogen bond	Tidak ada jarak karena tidak berikatan pada hidrogen	leu804, phe820, gln817, val782, phe786, Ala779, Ala783, Ile813, Met816	Tidak ada interaksi elektrostatik
Zingerone	His613	3.08	Ala767, Phe820, Ile768, Ile778, Gln775, Ala779, Gln817, Phe786, Asn661, His617, Asp764, Leu765, Tyr612, Val782	Tidak ada interaksi elektrostatik

Piperidine	Tidak berikatan pada hidrogen bond	Tidak ada jarak karena tidak berikatan pada hidrogen	Leu804, Phe820, Gln817, Val782, Phe786, Ala779, Ala783, Ile813, Met816	Tidak ada interaksi elektrostatis
Gingerol	Leu765	2,26	Gln775, Ala767, Gln817, Phe787, Ile778, Ala779, Ile768, Val782, Leu804, Met816, Phe786, Ala783, Ile813, Phe820	Tidak ada interaksi elektrostatis
Gingerdione	Gln775, Gln817	3,34 ; 2,21	leu804, met816, phe786, phe820, val782, leu765, asp764, his613, tyr612, ala767, ile778 ala779, ile768	Tidak ada interaksi elektrostatis

Keterangan Tabel: yang ditandai dengan warna hijau merupakan sisi aktif dari Asam Amino

Selanjutnya, **Tabel 6. Interaksi Asam Amino** menyajikan hasil interaksi ligan dengan residu asam amino reseptor. Hasilnya menunjukkan bahwa beberapa senyawa uji mampu membentuk ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik dengan sisi aktif reseptor.

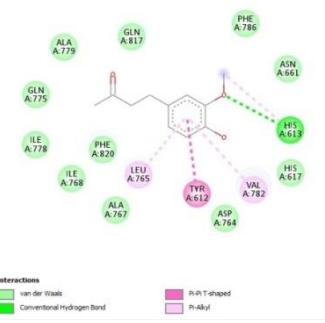
Misalnya, **shogaol** menunjukkan interaksi hidrofobik dengan residu aktif **leu804, phe820, gln817, dan phe786**, serta interaksi dengan residu non-sisi aktif lainnya seperti **val782, Ala779, Ala783, Ile813, dan Met816**, seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. 2D Shogaol

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa senyawa uji mampu berikatan pada sisi aktif reseptor melalui ikatan hidrogen dan ikatan hidrofobik. Berdasarkan pada tabel 6. didapatkan bahwa Shogaol mampu berikatan pada sisi aktif asam amino

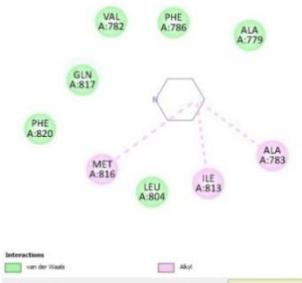
reseptor melalui interaksi hidrofobik yaitu pada asam amino leu804, phe820, gln817, phe786 dan pada asam amino yang bukan termasuk pada sisi aktif yaitu val782, Ala779, Ala783, Ile813, Met816 seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 5. 2D Zingerone

Zingerone mampu berikatan pada sisi aktif asam amino pada reseptor melalui interaksi hidrogen yaitu His613 dengan jarak 3,08 dan sisi aktif asam amino pada interaksi hidrofobik yaitu Phe820, Gln817,

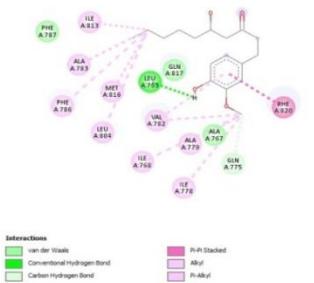
Phe786 dan pada asam amino lainnya yaitu Ala767, Ile768, Ile778, Gln775, Ala779, Asn661, His617, Asp764, Leu765, Tyr612, Val782 seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 6. 2D Piperidine

Piperidine mampu berikatan pada sisi aktif asam amino pada reseptor melalui interaksi hidrofobik yaitu pada asam amino Leu804, Phe820, Gln817, Phe786 dan pada

pada asam amino lainnya yaitu Val782, Ala779, Ala783, Ile813, Met816 seperti yang terlihat pada gambar 6.



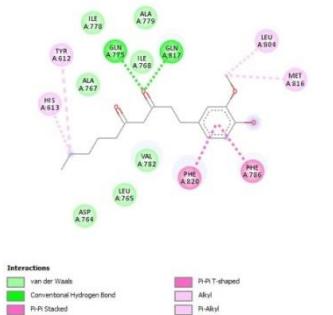
Gambar 7. 2D Gingerol

Gingerol mampu berikatan hidrogen pada asam amino bukan pada sisi aktif yaitu pada asam amino Leu765 dengan jaran

2,26. Gingerol mampu berikatan pada sisi aktif asam amino pada interaksi hidrofobik yaitu Gln817, Leu804, Phe786, Phe820 dan

pada asam amino lainnya Gln775, Ala767, Phe787, Ile778, Ala779, Ile768, Val782,

Met816, Ala783, Ile813 seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 8. 2D Gingerdione

Gingerdione mampu berikatan secara hidrogen pada sisi aktif asam amino yaitu Gln817 dengan jarak 2,21 dan bukan pada sisi aktifnya yaitu Gln775 dengan jarak 3,34. Gingerdione juga mampu berikatan pada interaksi hidrofobik pada sisi aktif asam amino pada reseptornya yaitu leu804, phe786, phe820, his613 dan pada asam amino lainnya yaitu met816, val782, leu765, asp764, tyr612, ala767, ile778 ala779, ile768 seperti yang terlihat pada gambar 8.

Hasil uji menunjukkan bahwa **gingerol** memiliki energi pengikatan terendah dan mampu berinteraksi dengan sisi aktif asam amino reseptor melalui ikatan **hidrofobik** pada residu **Gln817, Leu804, Phe786, dan Phe820**. Sementara itu, **gingerdione**, dengan nilai *binding affinity* terbaik kedua, menunjukkan keunggulan dengan membentuk **ikatan hidrogen langsung pada residu aktif Gln817** dengan jarak 2,21 Å yang tidak dimiliki gingerol. Oleh karena itu, kedua senyawa ini, khususnya gingerol dan gingerdione, dianggap memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan sebagai agen terapi alami terhadap disfungsi ereksi karena kemampuannya berinteraksi stabil dengan situs aktif reseptor PDE5.

Visualisasi Hasil *Molecular Docking*

Visualisasi 2D pada hasil *molecular docking* dilakukan untuk melihat interaksi

antara ligan uji dan asam amino pada reseptor. Interaksi yang terbentuk adalah ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan interaksi elektrostatik. Ikatan hidrogen merupakan jenis interaksi non-kovalen yang terjadi antara gugus donor dan akseptor proton pada residu asam amino, yang berperan penting dalam menstabilkan kompleks ligan–reseptor. Interaksi ini membantu menjaga orientasi ligan dalam situs aktif reseptor, sehingga mendukung afinitas dan spesifitas pengikatan (Indah Kurnia Klara *et al.*, 2023). Berdasarkan Jeffrey dan Saenger (1991) jarak ikatan hidrogen dikatan kuat apabila berada pada rentan jarak 2.2 - 2.5 Å, ikatan sedang apabila berada pada rentan 2.5 - 3.2 Å, ikatan hidrogen lemah apabila berada pada rental 3.2 - 4.0 Å.

Interaksi hidrofobik adalah interaksi asam amino pada ligan dan reseptor yang berguna dalam mempertahankan konformasi pengikatan (Afriana & Dewi, 2022). Interaksi hidrofobik berperan penting dalam meningkatkan stabilitas kompleks ligan–reseptor dengan memungkinkan residu nonpolar saling berasosiasi dan menghindari paparan terhadap molekul air di sekitar situs pengikatan. Proses ini membantu mengurangi ketidakstabilan struktural akibat kontak dengan pelarut polar dan berkontribusi dalam mempertahankan

konformasi ikatan yang optimal (Frimayanti *et al.*, 2021).

Interaksi elektrostatik juga berperan penting dalam stabilitas ligan terhadap reseptor. Interaksi elektrostatik tergolong interaksi non-kovalen yang bersifat lemah dan mudah terdisosiasi. Namun, karena keberadaannya yang melimpah dalam struktur protein, interaksi ini memainkan peran penting dalam stabilisasi dan pembentukan konformasi tiga dimensi protein secara keseluruhan. Interaksi elektrostatik berupa jembatan garam (*salt bridge*). Jembatan garam adalah interaksi ionik yang terbentuk antara gugus bermuatan positif dan negatif, baik pada rantai samping asam amino maupun pada gugus yang dimiliki oleh ligan (Febriantara *et al.*, 2014). Pada pengujian ini tidak didapatkan interaksi elektrostatik.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi *in silico*, senyawa aktif jahe seperti gingerol dan gingerdione menunjukkan potensi kuat sebagai inhibitor PDE5 dengan afinitas pengikatan rendah dan interaksi stabil pada sisi aktif enzim. Semua senyawa memenuhi kriteria farmakokinetik dan toksikologi (ADMET, Lipinski), dengan validasi docking RMSD $\leq 2 \text{ \AA}$, sehingga jahe berpotensi menjadi afrodisiak alami yang lebih aman dibandingkan sildenafil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Universitas Islam Madura atas dukungan fasilitas penelitian dan pendanaan yang diberikan, serta kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, D., & Dewi, C. (2022). Studi *In Silico* Senyawa Dari Saffron (*Crocus sativus L.*) Terhadap Reseptor Glikogen Sintase Kinase-3 Beta (GSK-3 β) Sebagai Antidiabetes. *Jurnal Pharmacia Mandala Waluya*, 1(5), 188–201. <https://doi.org/10.54883/jpmw.v1i5.4>
- Al Azzam, K. M. (2023). SwissADME and pkCSM Webservers Predictors: an integrated Online Platform for Accurate and Comprehensive Predictions for *In Silico* ADME/T Properties of Artemisinin and its Derivatives. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra*, 325(2), 14–21. <https://doi.org/10.31643/2023/6445.13>
- Anggraeni, D., & Citarayani, I. (2022). Pelatihan Pembuatan Jahe Bubuk sebagai Peluang Usaha bagi Ibu-Ibu Dasawisma di Desa Situsari Cileungsi di Masa Pandemi COVID-19. *COMSERVA* <https://comserva.publikasiindonesia.id/index.php/comserva/article/view/141>
- Anwar. (2024). Studi molecular docking senyawa-senyawa aktif buah pare (*momordica charantia l.*) Golongan flavonoid pada enzim maltase-glukoamilase (mgam) terminal c dan n sebagai kandidat obat antidiabetes. *Ayan*, 15(1), 37–48.
- Beny, R., Yana, N. R. A., & Leorita, M. (2020). Desain Turunan Senyawa Leonurine Sebagai Kandidat Obat Anti Inflamasi. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 6(1), 181–191. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2020.v6.i1.15025>
- Dari, L., & Jahe, E. (2023). Formulasi dan evaluasi stabilitas fisik sediaan lipstik dari ekstrak jahe emprit (*zingiber officinale var.amarum*) khas garut.
- Dewi, F. L., Kristyanty, R. E., Suriawati, J., & ... (2024). Identifikasi Sildenafil, Tadalafil, dan Vardenafil pada Jamu Serbuk Stamina Pria Secara

- KLT-Spektrofotodensitometri. *Indonesian Journal of* <http://103.23.102.168/journals/ijcs/article/view/1210>
- Ejiofor InnocentMary Ifedibaluchukwu. (2024). *In-silico Targeting Phosphodiesterase 5 and In-vivo Evaluation of the Aphrodisiac Effect.*
- Elsan, R., & Minarsih, T. (2022). Analisis Sildenafil Sitrat dalam jamu kuat dengan metode Spektrofotometri UV-Vis. *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 5(1), 43–50. <https://doi.org/10.35473/ijpnp.v5i1.1569>
- Febriantara, S., Ruslin, & Yamin. (2014). Studi *In Silico* Senyawa 2-amino-5-(3-(4-hydroxy-3,5-dimethoxy-benzoyl)guanidino)pentanoic acid dan Turunannya sebagai Inhibitor Phosphodiesterase-5. *Majalah Farmasi, Sains, Dan Kesehatan*, 2(1), 22–26.
- Frimayanti, N., Lukman, A., & Nathania, L. (2021). Studi molecular docking senyawa 1,5-benzothiazepine sebagai inhibitor dengue DEN-2 NS2B/NS3 serine protease. *Chempublish Journal*, 6(1), 54–62. <https://doi.org/10.22437/chp.v6i1.12980>
- Hakiki, A., Andika, A., & Rahmawati, R. (2024). Studi Molecular Docking dan Prediksi ADMET Senyawa Turunan Kurkumin Sebagai Inhibitor Kasein Kinase 2- α . *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 5(2), 195. <https://doi.org/10.31764/lf.v5i2.22563>
- Indah Kurnia Klara, Purwono, R. M., & Achmadi, P. (2023). Analisis *In Silico* Senyawa Flavonoid Kayu Secang (Caesalpinia sappan L.) pada Reseptor α -Amilase Sebagai Antihiperglykemik. *Acta VETERINARIA Indonesiana*, 11(3), 210–219.
- <https://doi.org/10.29244/avi.11.3.210-219>
- Indratmoko, S., Nurani, L. H., Wahyuningsih, I., Murti, T. D., & Setiyabudi, L. (2023). Effectiveness of Active Compounds of Herbal Plants as Aphrodisiacs Through Molecular Docking Against Human Phosphodiesterase-5 Receptors. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 2047–2054. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3137>
- Ino Ischak, N., Musa, W. J., Ode Aman, L., Alio, L., La Kilo, A., & Deltalia Saleh, S. (2023). Studi Molecular Docking dan Prediksi ADME Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan Obat Tradisional Gorontalo terhadap Reseptor HER-2 sebagai Antikanker Payudara. *Jamb.J.Chem*, 5(1), 90–103. <https://www.rcsb.org/>
- Kamalia, A. M., Hadibrata, E., Susanti, S., & Sutyarso, S. (2024). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kejadian Disfungsi Ereksi Pada Pasien Benign Prostat Hiperplasia di RS Yukum Medical Centre. *Medical Profession Journal of Lampung*, 14(5), 1023–1029.
- Klt-spektrofotodensitometri, S., Dewi, F. L., Kristanty, R. E., Suriawati, J., Nur, S., & Fauziah, A. (2024). *Indonesian Journal of Chemical Science Identifikasi Sildenafil, Tadalafil, dan Vardenafil pada Jamu Serbuk Stamina Pria*. 13(29).
- Kumar, A., Kumar, R., & Kumar, A. (2012). Pharmacological activity of Zingiber officinale. *International Journal Of Pharmaceutical And Chemical Sciences*, 1(3), 1073–1078. www.ijpcsonline.com1073
- Kurnia, K., Andriyani, S., Sulastri, A., & ... (2024). Studi kasus: penatalaksanaan terapi kompres hangat air jahe merah terhadap tingkat nyeri pada pasien dengan

- asam urat. *Journal Healthcare* <https://journalhadhe.com/index.php/jhce/article/view/78>
- Nashiroh, N., Rosidah, A., Widyaningrum, I., Widyaningrum, I., Haryono, J. M. T., Malang, K., & Timur, J. (2023). Uji Aktivitas Antiinflamasi Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Emprit (Zingiber officinale var. Amarum) dengan Pendekatan In Vivo. *Journal of Community Medicine*, 11(2), 1–7.
- Nurani, L. H. (2023). Efektivitas Senyawa Aktif Tumbuhan Herbal sebagai Afrodisiak Melalui Docking Molekuler Melawan Fosfodiesterase-5 Manusia Reseptor. 52.
- Patala, R., Risnawati, R., Wulandari, A., & ... (2024). Uji aktivitas afrodisiak ekstrak etanol daun cengkeh (Syzygium aromaticum L.) pada tikus putih jantan (Rattus norvegicus). *Journal of* <https://journal-jps.com/new/index.php/jps/article/view/485>
- Perera, O., & Mudalige, H. (2022). Site-Specific Docking Against Hepatitis B Protein Using Autodock Colombo , Sri Lanka Gari International Journal of Multidisciplinary Research. December.
- Pires, D. E. V., Blundell, T. L., & Ascher, D. B. (2015). pkCSM: Predicting small-molecule pharmacokinetic and toxicity properties using graph-based signatures. *Journal of Medicinal Chemistry*, 58(9), 4066–4072. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b00104>
- Program, I., Sosial, B., Pertanian, K., Anggaran, T., Kelurahan, D., Kecamatan, K., Selatan, T., Minahasa, K., Siwi, C. M., Jolly, R., & Mantiri, P. J. (2022). Identifikasi senyawa kimia dan analisis molecular docking ekstrak daun kelor (*moringa oleifera* l.). Sebagai sabun cair antiseptik (Issue 59).
- Purwanto, B. T., & Hardjono, S. (2018). Uji *in silico* aktivitas sitotoksik dan toksitas senyawa Turunan N-(Benzoil)-N'-feniltiourea sebagai calon obat antikanker. ... *Science and Clinical* <http://repository.ubaya.ac.id/33843/>
- Rollando, R., Ardanareswari, A., Susanto, F. X. H., & ... (2022). Efek Afrodisiaka dari Ekstrak Batang Bajakah Kalalawit (Uncaria gambir Roxb) terhadap Tikus Jantan Galur Wistar (Rattus norvegicus). In *Jurnal* researchgate.net. https://www.researchgate.net/profil/e/Rollando-Rollando/publication/364057362_Efek_Afrodisiaka_dari_Ekstrak_Batang_Bajakah_Kalalawit_Uncaria_gambir_Roxb_terhadap_Tikus_Jantan_Galur_Wistar_Rattus_norvegicus/_links/633799a476e39959d6899a25/Efek-Afrodisiaka-da
- Rosyidah, A., Murwani, I. K., Akhlus, S., & ... (2022). Produksi Herbal Serbuk di Kelurahan Keputih Surabaya Menuju Kampung Cerdas Kesehatan. *Share: Journal of* <https://share.petra.ac.id/index.php/share/article/view/24208>
- SARI, D., & NASUHA, A. (2021). Kandungan Zat Gizi, Fitokimia, dan Aktivitas Farmakologis pada Jahe (Zingiber officinale Rosc.): Review. *Tropical Bioscience: Journal of Biological Science*, 1(2), 11–18. <https://doi.org/10.32678/tropicalbiosci.v1i2.5246>
- Sari, I. W., Junaidin, J., & Pratiwi, D. (2020). Studi molecular docking senyawa flavonoid herba kumis kucing (*orthosiphon stamineus* b.) Pada reseptor α -glukosidase sebagai antidiabetes tipe 2. *Jurnal Farmagazine*, 7(2), 54. <https://doi.org/10.47653/farm.v7i2>.

- 194
- Suharna. (2012). Studi *In Silico* Senyawa Turunan Flavonoid Terhadap Penghambatan Enzim Tirosinase. *Экономика Региона*, 32.
- Sulistyaningsih, T., Dewanto, H., Rika, W., Avia, R. U., Ika, R. P., Annisa, W. R., & Futri, A. R. (2023). Tanaman Herbal (Jahe, Katuk). *Penerbit Tahta*, 2–3.
- Taek, M. M., Muslih, F. A., Maulina, N., Oashiva, H., Azzahra, A., Aszari, E. H., Prameswari, F. A., Ma, B., Kimia, P. S., Matematika, F., Alam, P., Mandira, K. W., Farmasi, P. S., Kedokteran, F., Negeri, I., & Malik, M. (2024). Aktivitas afrodisiak in vivo ekstrak etanol 70 % akar lelak (*uvaria rufa blume*) pada mencit (*mus musculus*) jantan. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 1904–1912.
- Volume, S., Ilmu, T., Hindami, F. T., Fauzi, A., Wulandari, F., Farmasi, F., & Surakarta, U. M. (2024). *Studi Docking Molekuler Senyawa [(5-Prop-2-Enylpyrimidin-2-Yl) Er- A , Er - B , Dan Ikk Sebagai Agen Sitotoksik Molecular Docking Study Of The Compounds [(5-Prop-2-Enylpyrimidin-2- Yl) Propanoate] And [4- ((1e) -Buta-1 , 3-Dienyl) Phenol] On Pro.* 13(3), 99–110.
- Wang, H., Liu, Y., Huai, Q., Cai, J., Zoraghi, R., Francis, S. H., Corbin, J. D., Robinson, H., Xin, Z., Lin, G., & Ke, H. (2006). Multiple conformations of phosphodiesterase-5: Implications for enzyme function and drug development. *Journal of Biological Chemistry*, 281(30), 21469–21479. <https://doi.org/10.1074/jbc.M512527200>
- Wardani, I. G. A. A. K., & Santoso, P. (2017). Efektivitas afrodisiaka dari ekstrak etanol jahe merah (*zingiber officinale roscoe*) pada tikus (*rattus norvegicus* l.) Putih jantan. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 3(1), 22–28. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v3i1.1045>
- Yuliningtyas, A. W., Santoso, H., & Syauqi, A. (2019). Active Compound Test of Lemongrass Ginger (*Zingiber officinale* and *Cymbopogon citratus*). *Bioscience-Tropic Journal*, 4(2), 1–6.

POLA PERTUMBUHAN IKAN SEPAT SIAM (*Trichopodus pectoralis*) DARI TIGA SUNGAI DI PROVINSI SUMATERA SELATAN

Yasni Salsabila^{1*}, Kodri Madang², Masagus Mhd. Tibrani³
Universitas Sriwijaya¹²³
yasnivalsabila21@gmail.com¹

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) yang berasal dari tiga sungai di Provinsi Sumatera Selatan, yaitu Sungai Kelekar, Sungai Ogan, dan Sungai Komering. Penelitian dilakukan pada bulan November 2024 sampai dengan Juni 2025. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan jaring insang dan bubu, dan berhasil mengumpulkan 120 ekor ikan. Data panjang dan berat ikan dianalisis menggunakan *Model Allometrik Linier* (LAM) untuk mengetahui tipe atau pola pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan yang berasal dari Sungai Komering mengalami pertumbuhan isometrik, sedangkan ikan yang berasal dari Sungai Kelekar menunjukkan pertumbuhan allometrik negatif dan yang berasal dari Sungai Ogan menunjukkan pertumbuhan allometrik positif. Nilai koefisien determinasi (R^2) hubungan antara panjang dan berat ikan berkisar antara 0,788 sampai dengan 0,933. Perbedaan pola pertumbuhan tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berbeda pada masing-masing sungai.

Kata Kunci: *Trichopodus pectoralis*, pertumbuhan, alometrik, isometrik, Sumatera Selatan

Abstract: This study aims to determine the growth pattern of sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) originating from three rivers in South Sumatra Province, namely the Kelekar River, the Ogan River, and the Komering River. The study was conducted from November 2024 to June 2025. The method used was a quantitative descriptive method. Sampling was carried out using gill nets and traps, and successfully collected 120 fish. Fish length and weight data were analyzed using the *Linear Allometric Model* (LAM) to determine the type or pattern of growth. The results showed that fish originating from the Komering River experienced isometric growth, while fish originating from the Kelekar River showed negative allometric growth and those from the Ogan River showed positive allometric growth. The coefficient of determination (R^2) value of the relationship between fish length and weight ranged from 0.788 to 0.933. The differences in growth patterns are thought to be influenced by different environmental conditions in each river.

Keywords: *Trichopodus pectoralis*, sepat siam, growth, allometric, isometric, South Sumatra

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan di perairan alami sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan habitatnya. Karakteristik perairan seperti arus, suhu, kedalaman, ketersediaan pakan, dan tutupan vegetasi memiliki peran penting dalam mempengaruhi laju

pertumbuhan ikan. Ikan sepat siam merupakan ikan yang berasal dari luar dan kini tersebar luas di Asia Tenggara, seperti di Kamboja, Laos, Thailand, dan Vietnam (Iskandariah, dkk. 2015). Ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang secara alami tersebar di perairan tenang seperti rawa,

danau, serta sungai bervegetasi (Pujiyani & Rukayah, 2019). Ikan ini tergolong dalam keluarga *Belontiidae* dan dikenal mampu hidup dalam kondisi perairan dengan kadar oksigen rendah (Ulimaz, 2020). Ikan sepat siam merupakan jenis ikan lokal yang banyak ditemukan di perairan sungai Kelekar, Ogan, dan Komering di wilayah Sumatera Selatan (Elfachmi & Mulyati, 2019).

Perbedaan kondisi geografis dan lingkungan antar Sungai diduga memengaruhi variasi pola pertumbuhan ikan sepat siam (Khasanah, dkk. 2023). Sungai dengan arus deras dan dasar berbatu akan memberikan kondisi habitat yang berbeda dibandingkan dengan sungai berarus tenang dengan substrat lumpur. Faktor-faktor ini dapat memicu terjadinya variasi fenotip tubuh ikan, khususnya dalam bentuk dan ukuran tubuh sebagai hasil adaptasi lingkungan (Rawat, dkk. 2017). Proses pertumbuhan ikan sendiri dapat diketahui melalui hubungan antara panjang dan berat tubuhnya. Model pertumbuhan ikan dapat bersifat isometrik apabila pertambahan panjang dan berat tubuh seimbang, atau alometrik apabila pertumbuhannya tidak seimbang (Afifa, dkk. 2023). Beberapa penelitian menunjukkan adanya variasi pertumbuhan dan bentuk morfologi ikan sejenis yang

hidup di lingkungan berbeda. Madang (1999) menemukan perbedaan bentuk tubuh ikan belida dan putak di lima sungai di Sumatera Selatan. Penelitian Rais, dkk. (2020) juga menyatakan bahwa pola pertumbuhan ikan sepat siam di rawa banjir mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa faktor lingkungan turut memengaruhi pola pertumbuhan populasi ikan lokal.

Untuk mengetahui variasi tersebut, pendekatan analisis morfometrik menjadi salah satu metode penting yang dapat digunakan (Asiah, dkk. 2019). Karakter morfometrik mencakup pengukuran bagian tubuh ikan seperti panjang total, panjang baku, tinggi badan, dan lebar tubuh yang dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan pertumbuhan (Nurilmala, dkk. 2019). Melalui pendekatan ini, pertumbuhan ikan dapat dianalisis menggunakan model *Linear Allometric Model* (LAM) untuk menentukan jenis pertumbuhan apakah bersifat isometrik atau alometrik (Polanunu, dkk. 2020).

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi dan membandingkan pola pertumbuhan ikan sepat siam dari tiga lokasi berbeda di Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 1. ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe pertumbuhan ikan sepat siam dari Sungai Kelekar, Ogan, dan Komering serta mengkaji variasi pertumbuhan antar populasi melalui pendekatan morfometrik sebagai dasar dalam memahami adaptasi ikan terhadap lingkungan perairan setempat.

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan November 2025 hingga juni 2025. Penelitian ini dilakukan pada perairan sungai kelekar, sungai organ dan sungai

2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah Jaring Insang/Bubu, *Global Positioning System* (GPS), Penggaris/Jangka Sorong, Timbangan Digital, cool box, Termometer, pH Meter, Pensil, Pisau/Pinset, Lap, dan Perangkat Lunak SPSS®. Bahan-bahan yang digunakan adalah Ikan Sepat Siam, air, Es batu, dan Alkohol 70%.

3. Metode *purposive sampling* (koleksi bebas)

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* (koleksi bebas) sehingga dapat mewakili ukuran-ukuran ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) yang tertangkap (Purbani, dkk. 2016). Jumlah sampel ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) yang diambil di lapangan lebih dari 30 individu.

4. Analisis data

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan di lapangan, data yang diperoleh kemudian diolah dalam bentuk persamaan berikut ini:

Keterangan:

y = berat ikan (gram)

x = panjang ikan (cm)

a = konstanta

b = konstanta untuk nilai alometri

Menurut Le Cren dalam Jusmadi, dkk. (2021), menyatakan rumus untuk mendapatkan model regresi dari hubungan panjang berat ikan adalah $W = aL^b$, dengan W adalah berat ikan, L adalah panjang total ikan, serta a dan b adalah konstanta yang menunjukkan pola pertumbuhan ikan.

Selanjutnya ditentukan pola pertumbuhan alometri menurut Jolicour (1963) di kutip Madang (1999), Apabila nilai $b = 3$, maka hubungan panjang dengan berat dinyatakan sebagai isometri, sedangkan apabila nilai $b \neq 3$ maka hubungan panjang dengan berat dinyatakan sebagai alometri. Pola pertumbuhan isometri merupakan pertambahan panjang yang seimbang dengan pertambahan berat. Jika $b > 3$ (pertambahan berat lebih cepat dari pada pertambahan panjang) berarti alometri positif dan apabila $b < 3$ menandakan alometri negatif yang berarti pertambahan panjang lebih cepat dari pada pertambahan berat (Laheng, dkk. 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah ikan sepat siam (Trichopodus pectoralis) yang tertangkap selama penelitian berlangsung sebanyak 120 ekor. Ikan sepat siam yang berasal dari Sungai Kelekar berjumlah 40 ekor. Ikan sepat siam yang berasal dari Sungai Ogan berjumlah 40 ekor. Ikan sepat siam yang berasal dari Sungai Komering berjumlah 40 ekor. Rentang ukuran berat badan dan karakter morfometrik ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Rentang berat badan dan karakter morfometrik ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*)

No.	Karakter	Sungai	Sungai Ogan	Sungai
		Kelekar		Komering
1	BB	13,96-49,41	8,99-21,77	9,04-25,55
2	PT	9,3-14,5	8,5-12	8,8-12,5
3	PB	7,8-11,5	7-9,5	7-10,1
4	TB	3-4,85	3-4,2	2,8-4,4
5	TBE	1-1,78	0,9-1,2	0,8-1,4
6	PDMSP	1,4-6,65	1,4-2,1	1,4-2,4
7	TSP	0,4-2,96	0,4-2,17	0,4-1,8
8	TSD	0,5-1,8	0,5-1,8	0,5-1,3
9	PK	2,3-3,2	2,2-2,8	2,1-3
10	TK	1,8-3,2	2,7-3,6	2,4-3,3
11	LB	0,84-1,68	0,72-1,06	0,87-1,24

Keterangan: BB (g), Karakter Morfometrik (cm)

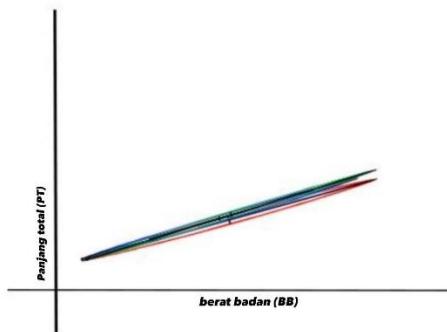
Keadaan umum ikan sepat siam meliputi rentang ukuran berat badan dan karakter morfometrik. Karakter morfometrik terdiri dari panjang total (PT), panjang baku (PB), tinggi badan (TB), tinggi batang ekor (TBE), panjang bagian di muka sirip punggung (PDMSP), tinggi sirip punggung (TSP), tinggi sirip dubur (TSD), panjang kepala (PK), tinggi kepala (TK), dan lebar (tebal) badan (LB).

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) dari Sungai Kelekar menunjukkan ukuran tubuh dan berat badan yang lebih besar dibandingkan ikan dari Sungai Ogan dan Sungai Komering. Rentang berat badan ikan dari Sungai Kelekar mencapai 13,96–49,41 gram, lebih tinggi dibandingkan Sungai Ogan (8,99–21,77 gram) dan Sungai Komering (9,04–25,55 gram), yang menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan di Sungai Kelekar lebih optimal. Menurut (Supeni & Azizah, 2020), Perbedaan ukuran bobot dan panjang antara tiap ikan

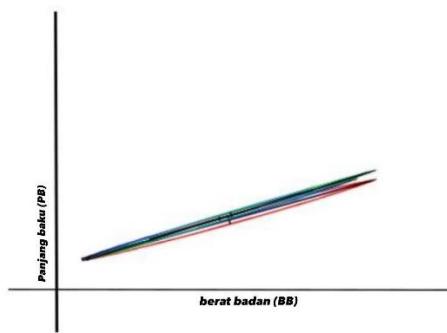
dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, dimana terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Selain itu, variasi karakter morfometrik pada ikan dari Sungai Kelekar juga lebih tinggi, ditunjukkan oleh rentang nilai yang lebih lebar pada panjang total, panjang baku, tinggi badan, dan terutama panjang dasar sirip punggung (PDMSP) yang berkisar antara 1,4–6,65 cm. Sementara itu, ikan dari Sungai Ogan dan Komering memiliki ukuran tubuh yang cenderung lebih kecil dan seragam, yang menunjukkan bahwa kedua habitat tersebut memberikan tekanan lingkungan yang relatif mirip. Variasi ini mengindikasikan adanya kemungkinan adaptasi morfologi terhadap kondisi lingkungan masing-masing sungai, yang memperkuat pentingnya analisis lebih lanjut terhadap hubungan kekerabatan antarpopulasi di ketiga wilayah tersebut.

Tabel 2. Hubungan Beberapa Karakter Pertumbuhan Alami Terhadap Berat Badan Ikan Sepat Siam (*Trichopodus pectoralis*) Asal Sungai Kelekar, Ogan Dan Komering dalam persamaan $\hat{Y} = a + bx$, (a = intersep, b = slope, x = karakter hayati yang diukur)

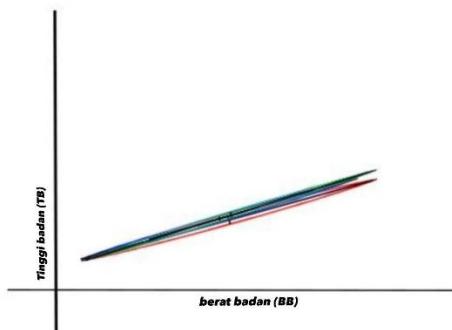
Karakter	Sungai	Persamaan	Slope	R-square	Alometri
PT	Kelekar	$3,259 + 0,276x$	0,276	0,890	Negatif
	Ogan	$3,156 + 0,293x$	0,293	0,800	Negatif
	Komering	$3,112 + 0,304x$	0,304	0,928	Positif
PB	Kelekar	$3,136 + 0,258x$	0,258	0,899	Negatif
	Ogan	$2,810 + 0,321x$	0,321	0,911	Positif
	Komering	$2,757 + 0,331x$	0,331	0,933	Isometri
TB	Kelekar	$2,129 + 0,129x$	0,129	0,860	Negatif
	Ogan	$2,046 + 0,306x$	0,306	0,855	Positif
	Komering	$1,860 + 0,333x$	0,333	0,868	Isometri
LB	Kelekar	$0,077 + 0,439x$	0,439	0,883	Positif
	Ogan	$0,593 + 0,314x$	0,314	0,788	Positif
	Komering	$0,882 + 0,289x$	0,289	0,848	Negatif



Gambar 2. Hubungan linear antara panjang total (PT) terhadap berat badan (BB) ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) Asal Sungai Kelekar, Ogan Dan Komering



Gambar 3. Hubungan linear antara panjang baku (PB) terhadap berat badan (BB) ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) Asal Sungai Kelekar, Ogan Dan Komering



Gambar 4. Hubungan linear antara tinggi badan (TB) terhadap berat badan (BB) ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) Asal Sungai Kelekar, Ogan Dan Komering



Gambar 5. Hubungan linear antara lebar badan (LB) terhadap berat badan (BB) ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) Asal Sungai Kelekar, Ogan Dan Komering

Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan panjang-berat ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) dari tiga sungai di Provinsi Sumatera Selatan menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda antar populasi. Pada karakter panjang total (PT) dan berat badan (BB), ikan dari Sungai Kelekar memiliki kemiringan 0,276 dan R^2 0,890. Populasi Sungai Ogan memiliki kemiringan 0,293 (R^2 = 0,800), sedangkan Sungai Komering memiliki kemiringan tertinggi, yaitu 0,304 (R^2 = 0,928). Nilai kemiringan < 3 di Kelekar dan Ogan menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif, sedangkan nilai kemiringan > 3 di Komering menunjukkan pertumbuhan alometrik positif. Hal ini menunjukkan bahwa ikan Komering tumbuh lebih cepat daripada beratnya, sedangkan ikan dari Kelekar dan Ogan cenderung mengalami pertambahan berat badan yang lebih dominan mendekati panjang bakunya.

cepat secara proporsional daripada beratnya.

Pada karakter panjang baku (PB) dan berat badan, populasi Kelekar menunjukkan kemiringan 0,258 (R^2 = 0,899), yang menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif. Populasi Ogan menunjukkan kemiringan 0,321 (R^2 = 0,911), yang menunjukkan pertumbuhan alometrik positif, sedangkan Komering, dengan kemiringan 0,331 (R^2 = 0,933), menunjukkan pola isometrik. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang baku ikan Komering diimbangi oleh berat badan, sedangkan ikan Ogan cenderung mengalami pertambahan berat badan yang lebih dominan mendekati panjang bakunya.

Pada karakter tinggi badan (TB) dan berat badan, populasi Kelekar menunjukkan kemiringan 0,129 (R^2 = 0,860), termasuk pertumbuhan alometrik negatif. Ogan

memiliki kemiringan sebesar $0,306$ ($R^2 = 0,855$), termasuk kemiringan alometrik positif, sedangkan Komering, dengan kemiringan sebesar $0,333$ ($R^2 = 0,868$), menunjukkan pertumbuhan isometrik. Hal ini menunjukkan bahwa ikan Komering mengalami pertumbuhan yang seimbang antara tinggi dan berat, sedangkan Ogan menunjukkan pertumbuhan berat yang dominan berorientasi pada tinggi.

Pada karakter lebar badan (LB) dan berat tubuh, ikan Kelekar memiliki kemiringan tertinggi, yaitu $0,439$ ($R^2 = 0,883$), yang menunjukkan kemiringan alometrik positif, yang berarti bahwa berat bertambah lebih cepat daripada lebar tubuh. Populasi Ogan menunjukkan kemiringan sebesar $0,314$ ($R^2 = 0,788$) dan populasi Komering $0,289$ ($R^2 = 0,848$), keduanya alometrik negatif, yang menunjukkan bahwa pertambahan lebar tubuh tidak disertai dengan pertambahan berat yang proporsional. Secara keseluruhan, pola pertumbuhan ikan sepat siam dari ketiga sungai tersebut menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh lingkungan setempat. Ikan dari Sungai Komering cenderung menunjukkan pola pertumbuhan yang lebih proporsional, terutama pada panjang standar dan tinggi badan. Di sisi lain, ikan dari sungai Kelekar dan Ogan cenderung menunjukkan pola alometrik, baik negatif maupun positif, sesuai dengan karakter morfometrik yang dianalisis.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pola pertumbuhan ikan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*) berbeda di setiap sungai. Populasi di Sungai Kelekar dan Ogan menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif, sedangkan populasi di Sungai Komering menunjukkan pertumbuhan isometrik dan alometrik positif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian ini,

khususnya dalam proses pengambilan sampel ikan di lapangan serta dalam memberikan dukungan dan bimbingan selama pengolahan data hingga penyusunan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifa, U. N., Candri, D. A., Kusuma, A. N., Ahyadi, H., & Zamroni, Y. (2023). Length and Weight Relationship of Mackerel Fish (*Auxis rochei*) at Fish Collector Markets in Ampenan, Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), 398-403.
- Asiah, N., Sukendi, S., Junianto, J., Yustiati, A., & Windarti, W. (2019). Trussmorphometric and meristic characters of kelabau fish (*Osteochilus melanopleurus* Bleeker, 1852) from three populations in Kampar, Siak, and Rokan Rivers, Riau Province. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(2), 283-295.
- Elfachmi, E., & Mulyati, M. (2019). Inventarisasi Ektoparasit Pada Ikan Sepat Siam (*Trichogaster pectoralis*) Di Kecamatan Sirah Pulau Padang Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Fiseries*, 7(1), 1-7.
- Iskandariah, D. T., Soelistyowati, R., Gustiano, I. I., Kusmini, G. H., & Huwoyon. (2015). Ragam genetik tiga populasi sepat siam (*Trichopodus pectoralis* Regan; Osphronemidae) asal kalimantan menggunakan analisis RAPD dan pengukuran Morphometric Truss. *Berita Biologi*, 14(1), 57-68.
- Jusmadil, R., Rahim, S., & Fahrul, M. (2021). Pola Pertumbuhan dan Faktor Kondisi Ikan Pelagis Kecil di Perairan Selat Makassar. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 22–30.
- Khasanah, N., Anggoro, S., & Purnomo, P. W. (2023). Karakteristik Hasil Tangkapan dan Pola Osmoregulasi

- Larva Ikan Sidat (*Anguilla sp.*) di Perairan Muara dan Bendung Kebasen Sungai Serayu. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 10(2), 63-71.
- Laheng, S., Adli, A., & Saum, R. K. (2020). Length-weight relationship and condition factors of *Trichogaster pectoralis* in the swamp, Lakea Dua Village, Buol Regency, Central Sulawesi. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 9(2), 111-115.
- Nurilmala, M., Abdullah, A., Matutina, V. M., Yusfiandayani, R., Sondita, M. A., & Hizbullah, H. H. (2019). Perubahan kimia, mikrobiologis dan karakteristik gen HDC pengkode histidin dekarboksilase pada ikan tongkol abu-abu *Thunnus tonggol* selama penyimpanan suhu dingin. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2), 285-296.
- Polanunu, A., Umasugi, S., & Umanailo, M. B. (2020). Growth and Distribution of Frequency Long Fish (*Decapterus sp*) Catching Products In Iner And Outside Waters Of Bara Buru District-Maluku. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(2), 310-317.
- Pujiyani, P. R., & Rukayah, S. (2019). Variasi Morfometrik Ikan Sepat (*Trichogaster trichopterus Pallas, 1770*) Dari Sungai Kali Putih, Kali Mampang Dan Waduk Sempor Kabupaten Kebumen. *In Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship*, Vol. 1(1).
- Purbani , D., Abdullah , A., Eva , M., Hadiwijaya , L., & Aida , H. (2016). Pengembangan Industri Perikanan Tangkap di Perairan Barat Sumatera Berbasis Ekonomi Baru. *Jurnal Manusia dan Lingkungan.*, 23(2), 233-240.
- Rais, A. H., Sawestri, S., & Muthmainnah, D. (2020). Dinamika Pertumbuhan Sepat Siam (*Trichopodus pectoralis*, Regan 1910) di Perairan Rawa Banjiran Patra Tani Sumatra Selatan. *Depik Jurnal Imu-mu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 9(3), 444-451.
- Rawat, S., Benakappa , S., Kumar, J., Naik , K., Pandey, G., & Pema, C. (2017). Identification of fish stocks based on truss morphometric : A review. *Journal of Fisheries and Life Sciences*, 2(1), 9-14.
- Supeni, E. A., & Azizah, N. (2020). Struktur Ukuran Panjang dan Bobot Ikan Sepat Rawa di Perairan Umum Daratan Kabupaten Banjar. 5 (April), 1-5.
- Ulimaz, A. (2020). Keanekaragaman Jenis Ikan Rawa di Kecamatan Upau Kabupaten Tabalong. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 8(2), 219-228.

PEMANFAATAN KITOSAN DARI KULIT UDANG UNTUK MENURUNKAN KADAR PENCEMAR ORGANIK LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

Michelle Clara Sinabariba^{1*}, Didi Jaya Santri², Susy Amizera SB³

Universitas Sriwijaya, Indralaya¹²³

michelleclarasinabariba@gmail.com¹, dj_santri@unsri.ac.id²

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana efektivitas formulasi kitosan terhadap penurunan kadar pencemar organik limbah cair kelapa sawit dan jumlah dosis efektif kitosan untuk menurunkan kadar pencemar organik limbah cair. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2024 sampai Juli 2025 di Laboratorium Pendidikan Biologi Universitas Sriwijaya. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan dengan waktu dedah selama 5 hari. Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan uji homogenitas, uji normalitas, uji sidik ragam (ANOVA) dan uji *Duncan Multiple Range Test* (Duncan) dengan parameter yang diamati yaitu pH, DO, TDS, TSS, dan COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian 1 gram kitosan kulit udang mampu menaikkan pH sebesar 59,74% dengan rata-rata pH sebesar 7,38. Pemberian 0,5 gram kitosan kulit udang mampu menurunkan kadar TDS sebesar 72,5% menjadi 605 mg/l. Pemberian kitosan sebanyak 2 gram mampu memperbaiki parameter-parameter kualitas air limbah dengan rata-rata perubahan TSS 98,82% menjadi 3000 mg/l, COD sebesar 94,44% menjadi 124,67 mg/l, nilai DO mengalami penurunan sebesar 10% menjadi 0,72 mg/l.

Kata Kunci: *Kelapa Sawit, Kitosan Kulit Udang, Limbah Cair, Pencemar Organik*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Berdasarkan (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020), luas lahan kelapa sawit terus mengalami peningkatan selama beberapa tahun terakhir. Kelapa sawit menghasilkan produk olahan yang mempunyai banyak manfaat (Lubis *et al.*, 2019). Tingginya produksi minyak sawit sebanding dengan tingginya limbah yang dihasilkan sehingga dapat mencemari lingkungan (Djunu *et al.*, 2021). Pengolahan tandan buah segar (TBS) yang dilakukan pabrik pengolahan kelapa sawit menghasilkan produk sampingan dalam bentuk limbah padat yang berupa serabut, janjang kosong (JJK), dan cangkang serta limbah cair yang biasanya dikenal dengan POME (*Palm oil mill effluent*) (Susilawati

& Supijatno, 2015). Dalam pengolahan minyak kelapa sawit umum, produksi 1 ton minyak kelapa sawit mentah membutuhkan sekitar 5–7,5 ton air, dan hampir 50% dari air yang digunakan menghasilkan POME. Rata-rata, 0,9–1,5 m³ POME dihasilkan untuk setiap ton minyak kelapa sawit mentah yang diproduksi (Said *et al.*, 2017).

Palm oil mill effluent (POME) merupakan salah satu jenis limbah organik yang berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar untuk menghasilkan *crude palm oil* (CPO) (Raja *et al.*, 2021). Limbah ini dapat menyebabkan pencemaran air karena mengandung bahan pencemar yang sangat tinggi (Putra & Putra, 2014). Limbah tersebut tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan, karena membutuhkan waktu

yang lama untuk terurai, terjadi endapan, menimbulkan kekeruhan dan bau tajam, serta merusak ekosistem (Ilmannafian *et al.*, 2020).

Limbah cair mengandung padatan tersuspensi dan minyak dengan kadar yang tinggi. Padatan tersebut bila masuk ke perairan umum akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen yang ada dalam air, mengeluarkan bau yang tidak enak dan merusak tempat pembiakan ikan. Selain itu padatan dan minyak tersebut mengapung di permukaan air sehingga menahan aerasi, menghambat suplai oksigen dan mempengaruhi kehidupan air. Oleh karena masalah ekologi, maka limbah tersebut harus dikelola atau dikendalikan (Ngatirah, 2017). Berbagai metode konvensional telah banyak dipelajari untuk mengatasi POME, termasuk perlakuan biologis, filtrasi dan fitoremediasi (Ilmannafian *et al.*, 2020), teknologi membran, koagulasi dan flokulasi, serta elektrokoagulasi (Martini *et al.*, 2020).

Dampak negatif limbah yang dihasilkan dari suatu industri mengharuskan pabrik untuk dapat mengolah limbah dengan cara terpadu. Salah satu cara untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah dengan menggunakan koagulan alami kitosan yang memiliki daya serap tinggi sehingga memungkinkan digunakan sebagai membran dalam filtrasi POME. Metode yang digunakan dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit salah satunya yaitu koagulasi flokulasi. Koagulasi merupakan proses berubahnya partikel koloid yang akan jadi flok dengan ukuran lebih besar dan menyerap bahan organik yang larut pada flok sampai pengotor pada sampel dipisahkan dengan proses padat dan cair. Flokulasi merupakan proses lanjutan dimana mikro flok dari koagulasi terjadi penggumpalan partikel koloid membentuk flok yang berukuran lebih besar dan bisa diendapkan serta proses itu dilakukan dengan adukan secara lambat (Febrianti *et al.*, 2023).

Salah satu upaya untuk mengurangi kadar pencemar limbah cair kelapa sawit adalah dengan menggunakan koagulan alami kitosan kulit udang. Kitosan merupakan suatu amina polisakarida hasil proses deasetilasi kitin. Kitin dan kitosan mempunyai dua gugus pada rantai polimernya yaitu gugus asetamido dan gugus amido. Kitosan merupakan suatu polimer yang bersifat polikationik. Keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai polimer mengakibatkan kitosan sangat efektif mengikat kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (protein dan lemak) (Agustina *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Meicahayanti *et al.*, (2018) diperoleh hasil bahwa kitosan kulit udang mampu menurunkan kadar TSS mencapai 89,55% atau 555 mg/l. Menurut penelitian Mustafiah *et al.*, (2018) diperoleh hasil bahwa kitosan dapat digunakan sebagai koagulan dan menurunkan kekeruhan sebesar 98,63%. Berdasarkan data hasil penelitian sebelumnya, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul Pemanfaatan Kitosan Kulit Udang untuk Menurunkan Kadar Pencemar Organik Limbah Cair Kelapa Sawit

METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai untuk penelitian ini yaitu metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan kauantitatif dan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah hasil dari kombinasi antar faktor dari seluruh taraf perlakuan dan didapatkan 5 kombinasi perlakuan dengan 5 kali pengulangan sehingga total sampel penelitian yang didapatkan sebanyak 25 sampel. Perlakuan terdiri dari lima konsentrasi kitosan (0 g, 0,5 g, 1 g, 1,5 g, dan 2 g per 100 ml limbah), masing-masing diulang sebanyak lima kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan selama 5 hari berturut-turut

dengan tujuan mengetahui bagaimana efektivitas formulasi kitosan dan jumlah dosis efektif untuk menurunkan kadar pencemar organik limbah cair kelapa sawit.

Berdasarkan penelitian dan pengukuran awal parameter yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa limbah cair

kelapa sawit tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu pada parameter DO, COD, pH, TSS, dan TDS. Namun, setelah diberikan perlakuan kitosan telah terjadi perubahan pada nilai parameter.

Tabel 1 Perubahan Parameter Selama Proses Koagulasi dan Flokulasi

Parameter	Perlakuan Hari ke-										Baku Mutu (Permen LH, 2014), PP Nomor 22 Tahun 2021	
	P0		P1		P2		P3		P4			
	H0	H5	H0	H5	H0	H5	H0	H5	H0	H5		
pH	4,62	5,90	4,62	6,39	4,62	7,38	4,62	7,32	4,62	7,15	6-9	
DO (mg/l)	0,8	0,32	0,8	0,28	0,8	0,38	0,8	0,6	0,8	0,72	6 mg/l	
TDS (mg/l)	2.200	1.654	2.200	605	2.200	1.005,8	2.200	1.188	2.200	894	2.000 mg/l	
TSS (mg/l)	254.000	15.300	254.000	7.600	254.000	3.500	254.000	4.000	254.000	3.000	250 mg/l	
COD (mg/l)	1.647	208,67	1.647	161,33	1.647	156,67	1.647	136,44	1.647	124,67	350 mg/l	

Keterangan :

pH : *Potensial of Hydrogen*
 DO : *Dissolved Oxygen*
 TDS : *Total Dissolved Solid*
 TSS : *Total Suspended Solid*
 COD : *Chemical Oxygen Demand*

H0 : Hari awal pengamatan parameter penelitian
 H5 : Hari terakhir pengamatan parameter penelitian
 P0 : Kontrol
 P1 : 0,5 gram kitosan
 P2 : 1 gram kitosan
 P3 : 1,5 gram kitosan
 P4 : 2 gram kitosan

Manfaat Kitosan terhadap Parameter Pencemaran

Kitosan merupakan turunan kitin yang paling bermanfaat. Ini disebabkan karena berat molekul yang tinggi, sifat polielektrolit, keberadaan gugus fungisional, kemampuan untuk membentuk gel, dan kemampuan mengadsorbsi. Selanjutnya kitosan dapat dimodifikasi secara kimia dan enzimatik dan bersifat biodegradable dan biokompatibel dengan sel dan jaringan manusia (Hambali *et al.*, 2017). Kitosan banyak digunakan dalam berbagai industri antara lain industri farmasi, kesehatan, biokimia, bioteknologi, pangan, pengolahan limbah, kosmetik, agroindustri, industri tekstil, industri perkayuan, dan industri kertas. Selain itu, kitosan juga bermanfaat seperti sebagai

bahan pengawet makanan, anti mikroba, penyerap logam dan penjernihan air. Manfaat lain yang dimiliki oleh kitosan yaitu sebagai koagulan dalam proses penjernihan air dengan metode koagulasi. Keunggulan kitosan sebagai koagulan adalah sifatnya tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi, tidak mencemari lingkungan, dan mudah bereaksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein (Hatma *et al.*, 2021).

Oleh karena itu, diharapkan bahwa koagulan yang dihasilkan dari limbah kulit udang dapat menjadi bahan alternatif yang ramah lingkungan serta memiliki nilai ekonomis tinggi. Proses koagulasi sendiri merupakan tahap awal dalam pengolahan air atau limbah, di mana partikel-partikel halus saling bergabung membentuk flok

yang kemudian menggumpal dan ditambahkan zat koagulan untuk mempercepat proses pembentukan flok. Koagulan tersebut umumnya berupa senyawa multivalen bermuatan positif, yang dapat berinteraksi dengan partikel-partikel koloid dalam air limbah yang umumnya bermuatan negatif. Interaksi muatan inilah yang memungkinkan terjadinya neutralisasi dan penggumpalan partikel, sehingga mempermudah proses pengendapan dan pemisahan zat pencemar dari cairan (Mustafiah *et al.*, 2018).

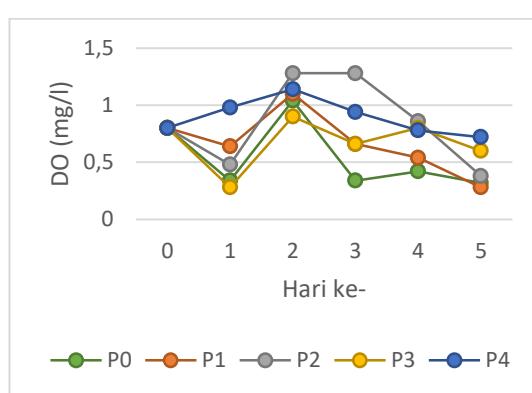
Potensial Hydrogen (pH)

Perubahan nilai pH limbah cair kelapa sawit yang paling efektif terdapat pada pemberian kitosan kulit udang sebanyak 1 gram atau menghasilkan perubahan pH yang paling mendekati dengan baku mutu yakni senilai 7,38. Kenaikan nilai pH paling tinggi terjadi pada pemberian kitosan sebanyak 1,5 gram di hari keempat yaitu naik menjadi 6,93. Hasil akhir perubahan nilai pH yang paling efektif yaitu pada P2 dengan hasil akhir nilai pH menjadi 7,38 yang menggunakan komposisi kitosan sebanyak 1 gram. Peningkatan pH ini disebabkan oleh sifat dasar kitosan sebagai

mengendap. Dalam tahap ini, biasanya polimer alami yang memiliki gugus amino ($-NH_2$) yang bersifat basa. Dalam larutan asam, gugus ini mampu menyerap ion hidrogen (H^+) dari larutan limbah, yang menyebabkan berkurangnya keasaman dan naiknya nilai pH (Rinaudo, 2006). Kitosan dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit mampu menetralkan pH dari kondisi asam menjadi mendekati netral, sehingga limbah menjadi aman untuk dibuang ke badan air atau bahkan dapat digunakan kembali setelah proses lanjutan. Perubahan pH limbah cair kelapa sawit setelah diberi perlakuan kitosan menunjukkan peningkatan yang signifikan. pH awal limbah berada pada kisaran 4,62 yang menunjukkan sifat asam, jauh di bawah ambang baku mutu yang ditetapkan yaitu pH 6–9 sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Dissolved Oxygen (DO)

Diketahui kadar DO air limbah sebelum diberikan perlakuan (P0) sebesar 0,8. Pada P1 yang menggunakan 0,5 gram kitosan menunjukkan penurunan nilai DO menjadi 0,28. Pada P2 yang menggunakan



Gambar 2 Grafik Perubahan Nilai DO Limbah

1 gram kitosan menunjukkan penurunan nilai DO menjadi 0,38. Pada P3 yang menggunakan 1,5 gram kitosan menunjukkan penurunan nilai DO menjadi 0,6. Pada P4 yang menggunakan 2 gram kitosan menunjukkan penurunan nilai DO

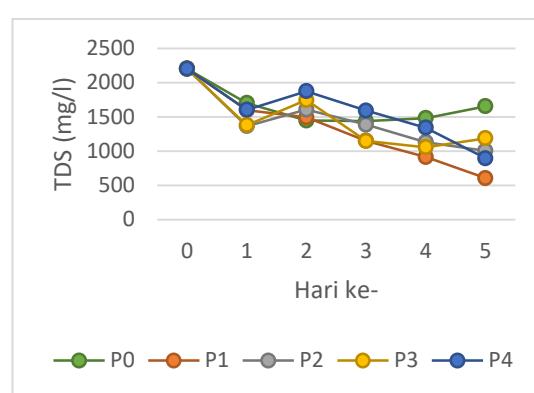
menjadi 0,72. penurunan DO yang terjadi pada seluruh perlakuan, kemungkinan disebabkan oleh interaksi kimia antara kitosan dan senyawa dalam limbah, yang dapat mengonsumsi oksigen terlarut atau

menghambat difusi oksigen ke dalam air. Selain itu, dosis kitosan, kemurnian kitosan, dan juga beban organik awal limbah cair kelapa sawit juga sangat mempengaruhi cara kerja kitosan yang membuat kitosan hanya mampu mengurangi apa yang memakan oksigen namun tidak menambahkan oksigen. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan fenomena konsumsi oksigen selama proses flokulasi yang intensif, seperti dijelaskan oleh Renault *et al.* (2008). Diperlukan adanya tahapan pengolahan lanjutan, seperti aerasi atau

biofiltrasi sehingga mampu mengatasi fluktuasi pada nilai DO limbah cair kelapa sawit.

Total Dissolved Solid (TDS)

Nilai TDS air limbah kelapa sawit sebelum diberikan perlakuan (P0) adalah sebesar 2.200 mg/l. Setelah diberikan perlakuan, penurunan nilai TDS yang paling efektif dengan pemberian sebanyak 0,5 gram (P1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua



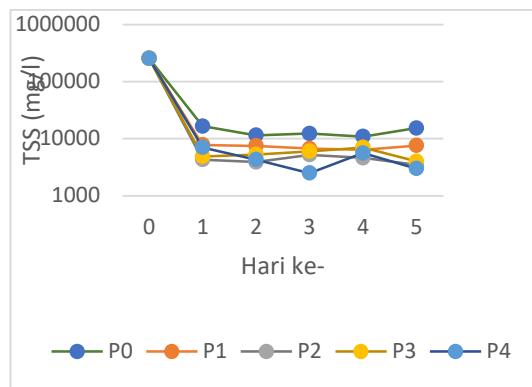
Gambar 3 Grafik Perubahan Nilai TDS Limbah

perlakuan kitosan mampu menurunkan nilai TDS dari yang awal sebesar 2.200 mg/l, dan sudah mencapai baku mutu yang ditetapkan yaitu 2.000 mg/l. Perlakuan P1 dengan pemberian kitosan sebanyak 0,5 gram memberikan hasil yang terbaik dengan penurunan TDS menjadi 606 mg/L. Kitosan bekerja dengan cara mengikat partikel terlarut melalui interaksi elektrostatis antara gugus amina bermuatan positif pada kitosan dengan partikel bermuatan negatif di dalam limbah, seperti asam lemak, protein terlarut, dan sisa senyawa organik lainnya. Mekanisme ini memungkinkan partikel kecil yang terlarut (kolloid) untuk menggumpal menjadi partikel yang lebih besar dan akhirnya mengendap (Rinaudo, 2006). Meskipun

penurunan belum mencapai baku mutu, hal ini menunjukkan potensi besar dari kitosan sebagai bahan koagulan alami dalam pengolahan air limbah. Perlu dipertimbangkan pengoptimalan jumlah kitosan, waktu dedah, dan penggabungan teknologi lain seperti filtrasi atau adsorpsi lanjutan untuk meningkatkan efisiensi hingga mencapai standar kualitas air.

Total Suspended Solid (TSS)

Penurunan nilai TSS (*Total Suspended Solid*) yang diamati dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kitosan kulit udang berfungsi secara efektif sebagai koagulan-flokulan alami dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit. Pada awal



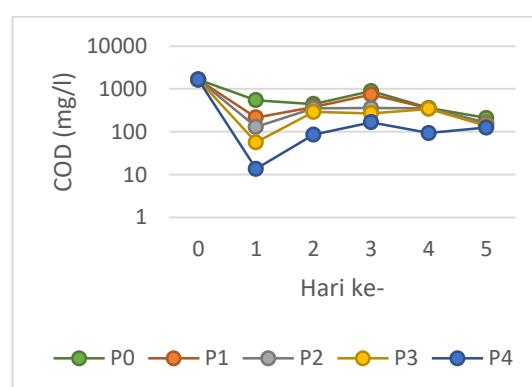
Gambar 4 Grafik Perubahan Nilai TSS Limbah

perlakuan, nilai TSS tercatat sebesar 254.000 mg/l dan setelah proses koagulasi-flokulasi selama 5 hari, kadar TSS menurun secara signifikan pada semua perlakuan dengan nilai terendah terdapat pada perlakuan kedua dengan pemberian 2 gram kitosan, yaitu sebesar 3.000 mg/l. Sifat polikationik kitosan mendorong terjadinya proses adsorpsi dan absorpsi pada membran sehingga polutan tidak hanya tertahan di permukaan membran, polutan yang lolos dari permukaan membran dan masuk ke dalam membran akan mengalami proses penyerapan kembali (absorpsi) oleh membran bagian dalam, sehingga polutan tetap tertahan di dalam membran (Wahyuni 2017). Kemampuan kitosan dalam

menurunkan kadar TSS berkaitan dengan karakteristik polimerik dan sifat kationiknya. Kitosan mampu menetralkan muatan negatif pada partikel tersuspensi, menyebabkan terbentuknya flok besar yang lebih mudah mengendap. Hal ini sesuai dengan teori koagulasi-flokulasi di mana partikel tersuspensi yang bermuatan negatif akan menggumpal ketika bertemu dengan muatan positif dari koagulan alami seperti kitosan (Rinaudo, 2006).

Chemical Oxygen Demand (COD)

Diketahui kadar COD air limbah kelapa sawit sebelum diberikan perlakuan (P0) adalah sebesar 1.647 mg/l. Setelah diberi perlakuan dengan kitosan



Gambar 5 Grafik Perubahan Nilai COD Limbah

menggunakan 2 gram kitosan kulit udang menghasilkan penurunan nilai COD menjadi sebesar 124,7 mg/l. Mekanisme

kerja kitosan dalam menurunkan COD melibatkan dua proses utama, yaitu koagulasi atau pengumpulan partikel halus

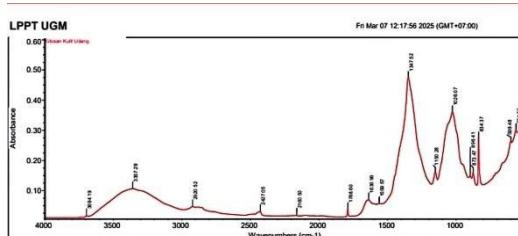
menjadi flok dan adsorpsi atau penyerapan senyawa terlarut oleh permukaan kitosan. Struktur kitosan yang memiliki gugus amino ($-\text{NH}_2$) bersifat kationik dapat berinteraksi dengan senyawa organik bermuatan negatif dalam limbah, sehingga terbentuk endapan flok yang mudah dipisahkan dari air (Rinaudo, 2006). Sesuai dengan hasil pengujian FTIR kitosan bahwa kitosan kulit udang yang digunakan ini mengandung gugus amino. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Ahmad *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa kitosan dapat menurunkan kadar COD dalam limbah industri makanan hingga 85% melalui mekanisme yang serupa. Dengan demikian,

dapat disimpulkan bahwa kitosan kulit udang efektif sebagai koagulan alami dalam menurunkan COD limbah cair kelapa sawit, dan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah yang berkelanjutan dan berbasis pemanfaatan limbah organik dari hasil perikanan.

Hasil Uji FTIR Kitosan Kulit Udang

Berdasarkan hasil penyajian grafik uji FTIR di atas, dapat diketahui bahwa :

- a. 3357.29 cm^{-1} : Puncak yang lebar dan kuat ini biasanya dikaitkan dengan vibrasi regangan O-H (hidroksil) dan N-H (amina) yang terlibat dalam ikatan hidrogen
- b. 2920.52 cm^{-1} : Puncak ini



Gambar 6 Hasil uji FTIR kitosan

umumnya dikaitkan dengan vibrasi regangan CH dari gugus alkil (metil dan metilen)

- c. 1636.96 cm^{-1} : Puncak ini sering dikaitkan dengan vibrasi regangan C=O dari gugus amida I (dari unit N-asetil yang belum terdeasetilasi sempurna)
- d. 1559.57 cm^{-1} : Puncak ini terkait dengan vibrasi tekukan N-H dari gugus amida II (dari unit N-asetil)
- e. 1347.52 cm^{-1} : Puncak ini dapat dikaitkan dengan vibrasi tekuk C-H
- f. 1150.28 cm^{-1} : Puncak ini menunjukkan vibrasi regangan C-O-C pada struktur polisakarida
- g. 1026.07 cm^{-1} : Puncak yang kuat ini dikaitkan dengan vibrasi regangan C-O dari gugus alkohol primer

Berdasarkan puncak yang tersedia dalam data grafik uji FTIR, maka hasil derajat deasetilasi kitosan kulit udang ini adalah 89.53%. Nilai DD kitosan

menunjukkan bahwa konversi kitin ke kitosan sudah maksimal karena sesuai standar SNI kitosan yang baik digunakan sebagai adsorben memiliki DD $> 75\%$. Grafik hasil uji FTIR kitosan kulit udang menyajikan karakteristik kitosan kulit udang yang dilakukan dengan mengetahui derajat deasetilasi dari analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Hasil pengujian derajat deasetilasi kitosan menunjukkan hasil sebesar 89,25% yang mana sudah termasuk standar minimal derajat deasetilasi untuk diaplikasikan pada limbah. Semakin besar derajat deasetilasi kitosan, maka kualitas kitosan tersebut akan semakin bagus. Besarnya derajat deasetilasi pada kitosan tergantung dari proses deasetilasi yang dijalankan (Suhardi, 1992). Derajat deasetilasi menunjukkan kandungan gugus amino bebas dalam polisakarida. Proses deasetilasi akan menyebabkan

penghilangan gugus asetyl dari molekul dengan derajat kereaktifan kimia dari gugus amino yang tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kitosan kulit udang efektif digunakan sebagai koagulan alami untuk menurunkan kadar pencemar organik dalam limbah cair kelapa sawit. Hasil menunjukkan bahwa kitosan dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan, ekonomis, dan potensial untuk diaplikasikan pada skala industri, khususnya industri pengolahan kelapa sawit. Konsentrasi optimal kitosan adalah sebesar 2 gram per 100 ml limbah, di mana penurunan paling signifikan terjadi pada nilai COD dari 1.647 mg/l menjadi 124,67 mg/l, dan TSS dari 254.000 mg/l menjadi 3.000 mg/l, serta pH yang meningkat mendekati netral dari 4,62 menjadi 7,38.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Didi Jaya Santri., M.Si atas bimbingan dan arahannya selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dosen Penguji saya, yaitu Ibu Susy Amizera SB., M.Si atas saran dan masukan yang berharga untuk memperbaiki jurnal ini. Selain itu, terima kasih juga kepada kedua orang tua penulis serta semua teman yang mendukung dan selalu bersama dengan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, M. D., dan Suartha, I. N. (2015). Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan Dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*, 9(2), 271–278.
- Ahmad. M., Ahmed, S., Swami. B. L., & Ikram. S. (2015). Adsorption of heavy metal ions: role of chitosan and cellulose for water treatment. *International Journal of Pharmacognosy*. 2(6): 280-289.

kitin sehingga menghasilkan kitosan Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020).

Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021 (D. Gartina & L. Sukriya, Eds.). Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.

Djunu, S. S., Saleh, E. J., & Srisukmawati Zainudin, dan. (2021). Kompos Berbahan Dasar Lumpur Sawit menggunakan Microbakter Alfaafa (M-11) Bagi Masyarakat. *Jambura Journal of Husbandry and Agriculture Community Serve (JJHCS)*, 1(1), 8.

Febrianti, M., Pramitasari, N., & Kartini, A. M. (2023). Dosis Koagulan Optimum pada Proses Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Serbuk Biji Hanjeli dalam Menurunkan Kekeruhan. *Dampak : Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 20(1), 1.

Hambali, M., Wijaya, E., & Reski, A. (2017). Pembuatan Kitosan dan Pemanfaatannya Sebagai Agen Koagulasi-Flokulasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(2), 104–113.

Hatma, S., Yani, S., & Suryanto, A. (2021). Optimalisasi Penggunaan Kitosan Limbah Kulit Udang Vannamei Sebagai Koagulan dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(2), 300–310.

Ilmannafian, A. G., Lestari, E., & Khairunisa, F. (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21, 244–253.

Lubis, Y. H., Panggabean, E. L., & Azhari, A. (2019). Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Pembibitan Pre-Nursery. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 3(2), 86.

- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Distilasi*, 5(2), 26–33.
- Meicahayanti, I., Marwah, M., & Setiawan, Y. (2018). Efektifitas Kitosan Limbah Kulit Udang dan Alum Sebagai Koagulan dalam Penurunan Tss Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Chemurgy*, 02(1), 2–4.
- Mustafiah, Darnengsih, D., Sabara, Z., & Majid, R. A. (2018). Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Kulit Udang Sebagai Koagulan Penjernihan Air. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 03(01), 27–31.
- Ngatirah, N. (2017). *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit* (1st Ed.). Instiper Yogyakarta.
- Purwatiningsih, T., Achmad, Dwi, 2009, Kitosan: Sumber Biomaterial Masa Depan, IPB Press, Bogor.
- Putra, D. S., & Putra, A. (2014). Analisis Pencemaran Limbah Cair Kelapa Sawit Berdasarkan Kandungan Logam, Konduktivitas, TDS dan. *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 100.
- Renault, F., Sancey, B., Badot, P. M., & Crini, G. (2008). Chitosan for Coagulation/Flocculation Processes- An Eco-Friendly Approach. *European Polymer Journal*. 45:1337-1348.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and Chitosan : Properties and Applications. *Progress in Polymer Science*. 31:603-632.
- Said, M., Ba-Abbad, M. M., Abdullah, R. S. S., & Mohammad, A. W. (2017). Application of Response Surface Method in Reverse Osmosis Membrane to Optimize BOD, COD and Colour Removal from Palm Oil Mill Effluent. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 7(5), 1871–1872.
- Suhardi. 1992. Khitin dan Khitosan. Buku Monograf Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi: Yogyakarta.
- Susilawati, S., & Supijatno, S. (2015). Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau. *Bul. Agrohorti*, 3(2), 203–212.
- Wahyuni, S., Siswanto, S., & Putra, S. (2017). Formulasi Komposisi Membran Kitosan dan Optimasi Pengadukan dalam Penurunan Kandungan Padatan Limbah Cair Kelapa Sawit. *Widyariset*, 3(1):35-46.

VARIASI MORFOMETRI SIPUT GONGGONG (*Strombus turturilla*) ASAL PULAU BANGKA DAN PULAU DOMPAK

Nurulita Widyastuti^{1*}, Kodri Madang², Masagus Mhd. Tibrani³

Universitas Sriwijaya¹²³

nurulitawidyastuti10@gmail.com¹

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi morfometri siput gonggong (*Strombus turturilla*) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka (Teluk Kelabat) dan Dompak (Kepulauan Riau). Penelitian ini dilakukan dengan metode menggunakan *convenience sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada ketersediaan elemen dan kemudahan untuk tempat dan waktu yang tepat. Peneliti memilih teknik *convenience sampling* pada penelitian ini dikarenakan anggota populasi di sentral penangkapan siput gonggong yang banyak sehingga tidak dapat diprediksi jumlahnya. pendekatan deskriptif kuantitatif melalui pengukuran sembilan parameter morfometrik, yaitu berat, panjang cangkang, panjang dasar cangkang, panjang aperture, lebar cangkang, lebar *body whorls*, lebar aperture, tinggi menara dan keliling cangkang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara karakter morfometrik siput gonggong dari kedua lokasi. Siput gonggong asal Pulau Dompak memiliki ukuran yang lebih besar dan pola pertumbuhan yang cenderung alometrik positif, dan siput dari Pulau Bangka menunjukkan pola alometrik positif tetapi ukurannya lebih kecil. Faktor lingkungan seperti jenis substrat dan ketersediaan makanan diduga menjadi penyebab utama perbedaan tersebut.

Kata Kunci: Alometri, Morfometri, Siput Gonggong

PENDAHULUAN

Siput gonggong (*Strombus turturilla*) adalah biota laut yang tergolong dalam salah satu gastropoda dengan famili Strombidae (Yusri et al., 2023). Siput gonggong hidup di laut yang dangkal dan termasuk hewan yang bersifat sessil atau hewan yang tidak banyak bergerak (Rosady et al., 2016). Siput gonggong memiliki karakter morfologi dengan ciri khusus yang membedakannya dengan jenis gastropoda lain, yaitu bercirikan cangkang padat dengan badan seluk (*body whorl*) relatif besar dan mulut cangkang (*aperture*) ditandai adanya lekukan stromboid (*stromboid notch*) (Supratman et al., 2020). Siput gonggong bernilai ekonomis dan memiliki kandungan gizi yang tinggi sehingga daging siput gonggong oleh masyarakat dimanfaatkan menjadi konsumsi sama sperti boga bahari lainnya (Mulyadi & Sari, 2022). Siput gonggong dilaporkan hampir ditemukan di seluruh

Indonesia, terutama di daerah Kepulauan Bangka Belitung dan Kepulauan Riau (Dody, 2011; Pradana et al., 2020). Siput gonggong di Kepulauan Bangka Belitung terdistribusi di beberapa daerah meliputi Teluk Kelabat Kabupaten Bangka Barat, Tanjung Rusa Kabupaten Belitung, Pulau Anak Air Kabupaten Bangka Selatan dan Pulau Ketawai Kabupaten Bangka Tengah (Dody & Marasabessy, 2007; Supratman & Syamsudin, 2018). Salah satu daerah penangkapan siput gonggong di Kepulauan Riau adalah di Kabupaten Bintan, tepatnya berada di Pulau Dompak (Rosady et al, 2016). Perairan Teluk Kelabat memiliki ekosistem estuaria (muara sungai), ekosistem karang, dan ekosistem mangrove. Teluk Kelabat terdiri dari dua bagian yaitu Teluk Kelabat Luar yang berada di Kabupaten Bangka dan Teluk Kelabat Dalam yang berada di Kabupaten Bangka Barat (Kamandaka et al., 2020). Berdasarkan penelitian Hukom (2010),

kondisi air Teluk Kelabat Dalam sangat keruh dikarenakan air sungai yang bermuara ikut membawa lumpur. Kegiatan yang umumnya dilakukan di Teluk Kelabat Dalam adalah perikanan, sedangkan pada Teluk Kelabat Luar umumnya didominasi oleh kegiatan penambangan pasir timah.

Pulau Dompak adalah salah satu pulau kecil dengan luas kurang lebih 4.280 hektar yang berada di daerah Provinsi Kepulauan Riau. Pulau Dompak terletak di sebelah selatan Kota Tanjungpinang (Muzahar & Viruly, 2020). Pulau Dompak memiliki daratan relatif datar yang dikelilingi hutan bakau atau mangrove. Pulau Dompak memiliki ekosistem mangrove yang besar. Ekosistem mangrove dapat ditemukan di sepanjang pantai wilayah pesisir Pulau Dompak dengan jenis mangrove yang cukup beragam. Sebanyak 27,6% dari total ekosistem mangrove yang berada di Tanjungpinang terdapat di Pulau Dompak (Budiman et al., 2023). Tipe perairan Pulau Dompak berupa substrat bebatuan dan karang mati (Rusmiati & Idris, 2019).

Kegiatan membandingkan siput gonggong yang berasal dari Pulau Bangka dan Pulau Dompak secara teoritis dan empiris penting dilakukan. Menurut Gosling (2023), perubahan morfologi dapat terjadi pada setiap wilayah geografis yang memiliki lingkungan yang berbeda. Perubahan morfologi tersebut siput gonggong beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya (Susiana & Apriandri, 2019). Selain itu, menurut Underwood (2000) variasi morfologi antar dua populasi dapat memberikan informasi tentang perbedaan peran ekologi pada habitat yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian membandingkan morfologi siput gonggong yang berasal dari Pulau Bangka dan Dompak dipertimbangkan penting untuk memahami variasi geografis dan adaptasi spesies terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Secara ekonomi penelitian ini juga relevan dikarenakan siput gonggong merupakan komoditas penting bagi masyarakat setempat sehingga pemahaman yang lebih

baik tentang perbedaan morfologi dapat mendukung.

Perbedaan morfologi cangkang siput gonggong yang berasal dari dua lokasi yang berbeda dapat dianalisa menggunakan metode yang disebut morfometri (Eprilurahman et al., 2022). Morfometri adalah suatu metode pengukuran bentuk-bentuk luar tubuh yang dijadikan sebagai dasar membandingkan ukuran cangkang gastropoda, seperti lebar, panjang, tinggi dan lain-lain (Salmanu, 2021). Karakteristik morfometri dapat digambarkan dalam bentuk morfologi untuk memberikan informasi mengenai perbedaan kelompok populasi pada rentang geografis dan sebagai bukti perbedaan regional (Mashar et al, 2019). Morfologi cangkang selalu diperkenalkan dalam pembelajaran mengenai Gastropoda. Karakter morfologi cangkang Gastropoda selalu diketahui dengan melakukan pengukuran morfometri. Hasil dari morfometri dapat dijadikan sebagai acuan dalam mempelajari ukuran dan bentuk suatu makhluk hidup. Setiap spesies memiliki ukuran morfometri yang berbeda-beda. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh umur, jenis kelamin dan lingkungan hidupnya seperti makanan, suhu, pH, dan salinitas. Oleh sebab itu, pada spesies yang sama dan umur yang sama ukuran morfometrinya dapat berbeda (Herliantos, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi morfometri cangkang siput gonggong antara Pulau Bangka di Teluk Kelabat dan Pulau Bintan (Pulau Dompak) dan menganalisis pola pertumbuhan melalui pemetaan geometri antara siput gonggong asal Pulau Bangka di Teluk Kelabat dan siput gonggong asal Pulau Dompak

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai dari November 2024 sampai Juni 2025. Lokasi pengambilan sampel siput gonggong di Pulau Bangka dilakukan di Kabupaten Bangka Barat, tepatnya Teluk Kelabat,

sedangkan untuk sampel siput gonggong di Kepulauan Riau diambil dari Pulau Dompak. Tempat penelitian analisis morfologi dilakukan di Laboratorium Botani dan Biologi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Pendidikan Universitas Sriwijaya.

Prosedur Kerja

Pengambilan siput gonggong (*Strombus turturilla*) di dua tempat yaitu Pulau Bangka, Teluk Kelabat dan Pulau Dompak, Pantai Tanjung Siambang bisa menggunakan tangan langsung atau *handcollection* dan menggunakan jaring. Pengambilan sampel siput gonggong dilakukan sebanyak 70 ekor dari masing-masing tempat. Suhu yang terdapat di Pulau Bangka, Teluk Kelabat sekitar 29-30°C dilakukan pada waktu sore hari. Kemudian pH yang diukur sekitar 7 atau bisa disebut netral dan kekeruhan air yang dilakukan agak sedikit keruh. Pada pengumpulan sampel dipastikan siput gonggong yang diambil yang berjenis *Strombus turturilla*.

Kemudian melakukan pengukuran morfometrik ketika siput sudah sisa cangkangnya. Dengan mengukur berat, panjang total cangkang, panjang dasar cangkang, panjang apertura, lebar cangkang, lebar *body whorls*, lebar apertura, tinggi cangkang dan keliling cangkang. Penimbangan berat cangkang menggunakan timbangan digital, sedangkan mengukur panjang dan lebar menggunakan jangka sorong. Melakukan dokumentasi dari awal pengamatan, lalu catat hasil ukuran yang sudah dilakukan di catatan atau *spreadsheet*. Selanjutnya, awetkan cangkang dengan menggunakan alkohol 70% agar tidak mudah rapuh. Terakhir olah data menggunakan spss dan dilakukan transformasi. Jika ada data yang jelek maka buang data tersebut.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel Siput Gonggong di Area Penelitian

Pengambilan sampel siput gonggong dilakukan di Pulau Bangka,

Teluk Kelabat dan Pulau Dompak, Pantai Tanjung Siambang. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode jelajah sepanjang garis pantai sejauh 1 km (koleksi bebas) sehingga dapat mewakili ukuran-ukuran siput gonggong yang tertangkap. Jumlah sampel siput gonggong yang diambil di lapangan lebih dari 50 individu di masing-masing tempat penelitian.

Pengukuran Morfometri Sampel di Laboratorium

Sampel siput gonggong yang ditemukan dari lapangan diukur karakter panjang cangkang (cm) menggunakan jangka sorong dan berat (g) ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Karakteristik hayati siput gonggong yang diukur pada penelitian ini ada Sembilan karakter yaitu panjang cangkang (SL), lebar cangkang (SW), panjang dasar (BL), panjang apertura (AL), lebar apertur (AW), tinggi menara (SPL), lebar *body whorls*, keliling cangkang dan berat cangkang (W) yang mengadopsi metode morfometri Cob (Henny et al, 2019).

Analisis Data

Analisis Morfometri

Pola pertumbuhan dapat diketahui dari hubungan antara panjang total cangkang (W) dengan panjang dasar cangkang (L) ditunjukkan melalui Persamaan 1 (Klingenberg, 1996) .

$$y = aX^b$$

$$\log y = \log a + b \log x$$

Keterangan:

y = panjang total cangkang (gram)

x = variabel bebas

a = konstanta intersep

b = konstanta kemiringan

Regresi Linier Berganda

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + c$$

Keterangan :

Y = panjang total cangkang

a = konstanta

b_1 = koefisien panjang dasar cangkang

b_2 = koefisien tinggi menara

X_1 = panjang dasar cangkang

X_2 = tinggi menara
 c = standar error

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskriptif Morfologi Siput Gonggong

Hasil analisis deskriptif dilakukan pada sembilan bagian dari siput gonggong yaitu berat, panjang cangkang, panjang dasar cangkang, panjang apertura, lebar cangkang, lebar *body whorls*, lebar

apertura, tinggi menara dan keliling cangkang. Terdapat beberapa statistik dasar yang diperlukan untuk mengelola data dalam mengkaji bentuk dan ukuran yaitu rata-rata, rentang, standar deviasi dan varian.

Tabel 1. Karakter Morfometri Siput Gonggong

NO	Karakter	Rata-Rata	Rentang	Standar Deviasi	Varian
Lokasi: Pulau Bangka, Teluk Kelabat					
1	Berat (gr)	15,428	12-22	$\pm 2,1897$	4,795
2	Panjang Cangkang (cm)	5,721	5,32-6,23	$\pm 0,2204$	0,049
3	Panjang Dasar Cangkang (cm)	4,672	4,31-5,03	$\pm 0,1596$	0,025
4	Panjang Apertura (cm)	4,420	4,12-4,78	$\pm 0,1634$	0,027
5	Lebar Cangkang (cm)	3,769	3,46-4,00	$\pm 0,1238$	0,015
6	Lebar <i>Body Whorls</i> (cm)	2,650	2,35-2,94	$\pm 0,1211$	0,015
7	Lebar Apertura (cm)	1,119	1,00-1,35	$\pm 0,0759$	0,006
8	Tinggi Menara (cm)	1,049	0,76-1,34	$\pm 0,1324$	0,018
9	Keliling Cangkang (cm)	11,843	10,87-12,56	$\pm 0,3920$	0,154
Lokasi: Pulau Dompak					
1	Berat (gr)	16,953	11-25	$\pm 3,0259$	9,156
2	Panjang Cangkang (cm)	6,333	5,62-7,07	$\pm 0,3540$	0,125
3	Panjang Dasar Cangkang (cm)	5,233	4,76-6	$\pm 0,2934$	0,086
4	Panjang Apertura (cm)	4,921	4,45-5,62	$\pm 0,2734$	0,075
5	Lebar Cangkang (cm)	4,061	3,64-4,56	$\pm 0,2281$	0,052
6	Lebar <i>Body Whorls</i> (cm)	2,667	0,74-3,14	$\pm 0,3240$	0,105
7	Lebar Apertura (cm)	1,394	0,99-3,59	$\pm 0,3141$	0,099
8	Tinggi Menara (cm)	1,100	0,79-1,73	$\pm 0,1863$	0,035
9	Keliling Cangkang (cm)	12,758	11,44-14,33	$\pm 0,7164$	0,513

Pulau Bangka: Rata-rata berat 15,428 gram, panjang cangkang 5,721 cm, panjang dasar cangkang 4,672 cm, panjang apertura 4,420 cm, lebar cangkang 3,769 cm, lebar *body whorls* 2,650 cm, lebar apertura 1,119 cm, tinggi menara 1,049 cm, dan keliling cangkang 11,843 cm.

Pulau Dompak: Rata-rata berat 16,953 gram, panjang cangkang 6,333 cm, panjang dasar cangkang 5,233 cm, panjang apertura 4,921 cm, lebar cangkang 4,061 cm, lebar *body whorls* 2,667 cm, lebar apertura 1,394 cm, tinggi menara 1,100 cm, dan keliling cangkang 12,758 cm.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa karakter morfometri dari siput gonggong asal Pulau Dompak memiliki ukuran yang lebih berat, rentang yang lebih besar serta standar deviasi dan variannya lebih besar dibandingkan siput gonggong yang berasal dari Pulau Bangka. Derajat keasaman yang sesuai untuk biota laut dalam KepMen LH No. 51 Tahun 2004

yaitu 7-8,5. Nilai pH dapat berpengaruh terhadap proses klasifikasi cangkang siput gonggong. Dalam penelitian (Fitzer et al., 2015), *Mytilus edulis* yang berada pada simulasi pengasaman laut, berkurang ketebalan cangkangnya dan bentuk cangkangnya yang merupakan bentuk adaptasi terhadap penipisan cangkang. Hasil pengukuran pH yang dilakukan selama penelitian di Perairan Dompak berkisar antara 7,9 - 8 nilai ini masih sesuai dengan baku mutu yang ditentukan yaitu 7-8,5 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Nilai rata-rata pH sebesar 7,5 artinya pH di Perairan Dompak memiliki kisaran pH yang relatif stabil dan dapat dikatakan layak untuk kehidupan biota didalamnya. Dan pH Teluk Kelabat rata-rata sebesar 7 yang dimana tergolong netral atau seimbang. Berdasarkan pendapat Setyowati (2018) yang menunjukkan bahwa kadar optimum pH perairan yang bagi kelangsungan hidup dan reproduksi

gastropoda ialah pada kisaran pH 6,5 – 8,5. Hal ini menunjukkan bahwa kadar pH pada perairan Teluk Kelabat dalam keadaan yang normal dan masih layak untuk kehidupan biota perairan terutama gastropoda. Dalam penelitian (Dody, 2011) di Teluk Kelabat, perbedaan substrat pasir kasar dan pasir berlumpur di bagian barat dan timur sungai terjadi karena adanya pola arus yang berbeda. Arus yang deras dapat membawa partikel sedimen yang lebih kecil. Bila komposisi substrat didominasi oleh lumpur maka akan membahayakan kehidupan siput itu sendiri. Habitat siput gonggong (*Strombus turturilla*) di Pulau Dompak umumnya berada pada perairan dangkal dengan substrat pasir berlumpur yang bertekstur halus hingga sangat halus. Substrat ini kaya akan bahan organik dari hasil dekomposisi lamun dan alga, yang mendukung aktivitas makan serta tempat berlindung bagi gonggong (Supratman et al., 2018). Pada penelitian (Dody, 2011) aktifitas penambangan dapat menyebabkan lebih banyaknya kandungan lumpur dapat membahayakan siput gonggong karena substrat dapat mengubur siput gonggong tersebut.

Analisis Morfometri Hubungan Pertumbuhan Antar Parameter

Analisis regresi linier menunjukkan pola pertumbuhan alometri positif pada siput gonggong dari kedua lokasi. Ini berarti pertambahan panjang total cangkang cenderung lebih dominan dibandingkan dengan pertambahan dimensi lainnya (panjang dasar cangkang, panjang apertura,

lebar cangkang, tinggi menara, dan keliling cangkang).

Panjang Dasar Cangkang: Siput gonggong asal Pulau Dompak menunjukkan pertumbuhan panjang total cangkang yang lebih cepat dibandingkan dengan siput gonggong asal Pulau Bangka.

Panjang Apertura: Siput gonggong asal Pulau Dompak juga memiliki pertumbuhan panjang apertura yang lebih cepat.

Lebar Cangkang: Pertumbuhan lebar cangkang siput gonggong asal Pulau Dompak lebih cepat dibandingkan Pulau Bangka.

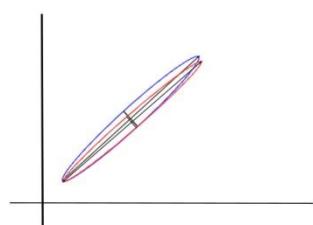
Tinggi Menara: Uniknya, siput gonggong asal Pulau Bangka menunjukkan pertumbuhan tinggi menara yang lebih cepat dibandingkan Pulau Dompak.

Keliling Cangkang: Pertumbuhan keliling cangkang siput gonggong asal Pulau Dompak lebih cepat dibandingkan Pulau Bangka.

Pemetaan Geometri (Principal Component Analysis - PCA)

Pada analisis PCA dengan menggunakan software SPSS dan mengkonfirmasi perbedaan morfologi antara kedua populasi. PC1 (Principal Component 1) menjelaskan sebagian besar variasi dalam hubungan antar dimensi cangkang.

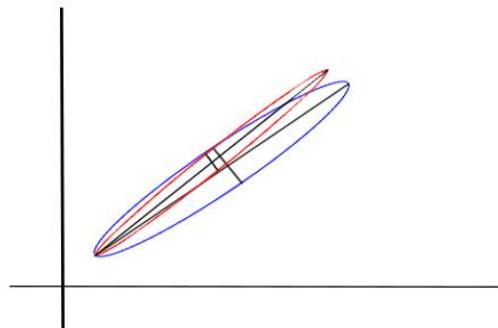
Gambar 1 dibawah ini menunjukkan hubungan linear antara panjang dasar cangkang dengan panjang total cangkang pada spesies *Strombus turturilla* (siput gonggong) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka dan Dompak.



Gambar 1. Hubungan linear antara panjang dasar cangkang terhadap panjang total cangkang siput gonggong di Pulau Bangka dan Pulau Dompak

Panjang Dasar Cangkang: PC1 sebesar 90,25% (Pulau Bangka) dan 92,485% (Pulau Dompak). Siput gonggong Pulau Dompak lebih panjang.

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan hubungan linear antara panjang apertura cangkang dengan panjang



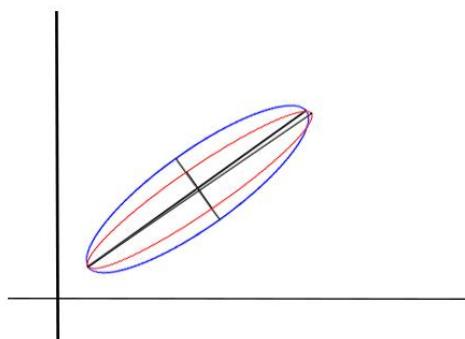
Gambar 2. Hubungan linear antara panjang apertura cangkang terhadap panjang total cangkang siput gonggong di Pulau Bangka dan Pulau Dompak

Panjang Apertura: PC1 sebesar 86,993% (Pulau Bangka) dan 94,5% (Pulau Dompak). Siput gonggong Pulau Dompak lebih panjang.

Gambar 3 dibawah ini menunjukkan hubungan linear antara lebar

total cangkang pada spesies *Strombus turturilla* (siput gonggong) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka dan Dompak.

cangkang dengan panjang total cangkang pada spesies *Strombus turturilla* (siput gonggong) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Dompak.

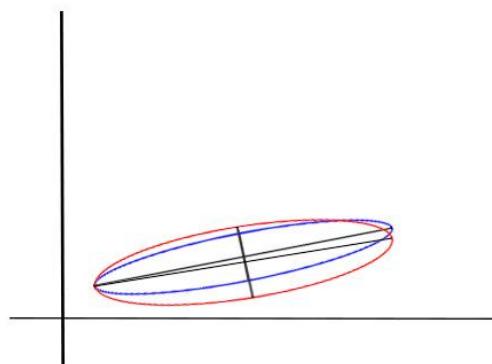


Gambar 3. Hubungan Linear antara Lebar Cangkang terhadap Panjang Total Cangkang Siput Gonggong di Pulau Bangka dan Pulau Dompak

Lebar Cangkang: PC1 sebesar 80,905% (Pulau Bangka) dan 85,323% (Pulau Dompak). Siput gonggong Pulau Dompak lebih lebar.

Gambar 4 dibawah ini menunjukkan hubungan linear antara tinggi

menara dengan panjang total cangkang pada spesies *Strombus turturilla* (siput gonggong) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Dompak.

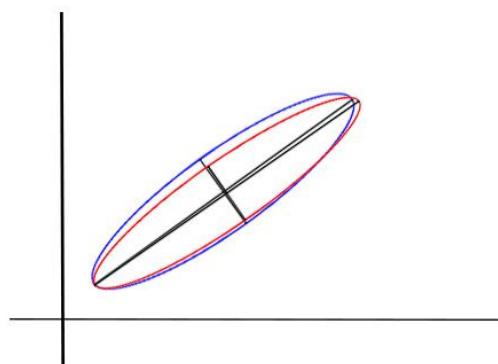


Gambar 4. Hubungan Linear antara Tinggi Menara Cangkang terhadap Panjang Total Cangkang Siput Gonggong di Pulau Bangka dan Pulau Dompak

Tinggi Menara: PC1 sebesar 84,074% (Pulau Bangka) dan 78,623% (Pulau Dompak). Siput gonggong Pulau Bangka lebih tinggi.

Gambar 5 dibawah ini menunjukkan hubungan linear antara keliling cangkang dengan panjang total

cangkang pada spesies *Strombus turturilla* (siput gonggong) yang berasal dari dua lokasi berbeda, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Dompak.



Gambar 5. Hubungan Linear antara Keliling Cangkang terhadap Panjang Total Cangkang Siput Gonggong di Pulau Bangka dan Pulau Dompak

Keliling Cangkang: PC1 sebesar 81,107% (Pulau Bangka) dan 85,306% (Pulau Dompak). Siput gonggong Pulau Dompak lebih lebar.

Lima analisis ini memberikan informasi pemahaman lebih dalam terkait dengan perbedaan morfologi dan adaptasi antara siput gonggong asal Pulau Bangka dan Pulau Dompak dalam konteks lima karakter dengan panjang total cangkang.

Regresi Linier Berganda

Model regresi berganda yang diperoleh untuk Teluk Kelabat dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:
 $\hat{Y} = 0,452 + 0,826 (X_1) + 0,178 (X_2)$

Berdasarkan model ini, \hat{Y} merupakan variabel dependen yang diukur, sedangkan X_1 dan X_2 adalah variabel independen yang diharapkan mempengaruhi nilai \hat{Y} . Koefisien 0,826 untuk X_1 menunjukkan bahwa setiap

peningkatan satu unit pada X1 akan meningkatkan nilai \bar{Y} sebesar 0,826, dengan asumsi variabel lain tetap konstan. Hal ini menunjukkan bahwa X1 memiliki pengaruh yang signifikan terhadap \bar{Y} di Teluk Kelabat. Di sisi lain, koefisien 0,178 untuk X2 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit pada X2 akan meningkatkan nilai \bar{Y} sebesar 0,178. Meskipun pengaruh X2 lebih kecil dibandingkan dengan X1, tetapi saja variabel ini berkontribusi terhadap perubahan nilai \bar{Y} .

Selanjutnya, model regresi berganda untuk Pulau Dompak dapat dinyatakan sebagai berikut:
 $\bar{Y} = 0,467 + 0,822 (X1) + 0,179 (X2)$

Dalam model ini, koefisien untuk X1 adalah 0,822, yang menunjukkan bahwa pengaruhnya terhadap \bar{Y} hampir setara dengan yang ditemukan di Teluk Kelabat. Hal ini menunjukkan konsistensi dalam pengaruh X1 di kedua lokasi. Namun, koefisien untuk X2 di Pulau Dompak adalah 0,179, yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Kelabat. Ini menunjukkan bahwa X2 memiliki pengaruh yang lebih besar di Pulau Dompak dibandingkan dengan Teluk Kelabat.

Berdasarkan kedua model, dapat disimpulkan bahwa panjang dasar cangkang merupakan variabel dominan yang secara konsisten berpengaruh besar terhadap nilai \bar{Y} di kedua wilayah. Pengaruh positif ini mengindikasikan bahwa semakin panjang dasar cangkang, maka kapasitas aliran atau potensi hidrologis wilayah semakin meningkat. Variabel tinggi menara juga memberikan kontribusi yang positif meskipun lebih moderat, yang mungkin berkaitan dengan elevasi wilayah atau kontrol topografi terhadap aliran.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada karakteristik morfometri siput gonggong antara Pulau Bangka dan Pulau Dompak. Siput gonggong asal Pulau Dompak umumnya berukuran lebih besar.

Pola pertumbuhan di kedua lokasi menunjukkan alometri positif, karena pertambahan panjang total cangkang lebih dominan. Perbedaan lingkungan habitat, seperti substrat, pH, dan ketersediaan makanan, memengaruhi pertumbuhan dan bentuk morfometrik siput gonggong.

DAFTAR PUSTAKA

- Cob, Z. C., Arshad, A., Idris, M. H., Bujang, J. S., & Ghaffar, M. A. (2008). *Sexual Polymorphism in a Population of Strombus canarium Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) at Merambong Shoal, Malaysia*. Zoological Studies, 47(3), 318–325.
- Dody, S. (2011). *Pola sebaran, kondisi habitat dan pemanfaatan siput gonggong (strombus turturilla) di Kepulauan Bangka Belitung*. Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia, 37(2), 339–353.
- Dody, S., & Marasabessy, M. D. (2007). *Habitat dan Sebaran Spasial Siput Gonggong (Strombus turturilla)*. Prosiding Seminar Nasional Moluska Dalam Penelitian, Konservasi Dan Ekonomi, 100–108.
- Eprilurahman, R., Burhan, A., & Trijoko. (2022). *Morfologi dan Geometri Morfometri Holthuisana sp. (Crustacea, Decapoda, Gecarcinucidae) dari Danau Sentani, Papua*. Jurnal Biologi Papua, 14(2), 118–128.
- Fitzer, S. C., Vittert, L., Bowman, A., Kamenos, N. A., Phoenix, V. R., & Cusack, M. (2015). *Ocean acidification and temperature increase impact mussel shell shape and thickness: Problematic for protection*. Ecology and Evolution, 5(21), 4875–4884. <https://doi.org/10.1002/ece3.1756>
- Ginsburg, L., Manly, M., & Schmitt, M. J. (2006). *The Components of Numeracy*. Harvard Graduate School of Education.

- Groh, K., & Poppe, G. T. (1999). *A Conchological Iconography: The Family Strombidae*. ConchBooks.
- Herliantos, B. A. (2012). *Pengukuran Morfometri Kerang Kapah (Meretrix meretrix) di Pantai Amal Kota Takaran*. Harpondo Borneo, 5(2), 23–36.
- Hertyastuti, P. R., Putra, R. D., Apriadi, T., Suhana, M. P., Idris, F., & Nugraha, A. H. (2020). *Estimasi Kandungan Stok Karbon Pada Ekosistem Padang Lamun Di Perairan Dompak Dan Berakit, Kepulauan Riau*. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 12(3), 849–862.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i3.32199-23>.
- Inayah, A. N. A., Nagari, G. P., Setiawan, K., & Anisah, N. (2022). *Kemampuan Literasi Numerasi untuk Mengembangkan Pemahaman Konsep dalam Pembelajaran Matematika*. Himpunan: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Matematika, 2(2), 106–113.
- Izuan M, & Viruly L dan Razai T.S. (2014). *Kajian Kerapatan Lamun Terhadap Kepadatan Siput Gonggong (Strombus epidromis) di Pulau Dompak*. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Kamandaka, Utami, E., & Kurniawan. (2020). *Analisis Strategi Pengelolaan Sumberdaya Rajungan Secara Berkelanjutan Di Perairan Teluk Kelabat Dalam Kabupaten Bangka*. Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan, 14(2), 31–35.
- Klingenberg, C. P. (1996). *Multivariate Allometry*. Plenum Press.
- Manek, Y., Elu, A., Hendrik, A., Blegur, W. A., & Bullu, N. I. (2020). *Identifikasi Jenis-Jenis Dan Karakteristik Morfometrik Kelelawar Di Gua Fatubaun Desa Manufui Kecamatan Santian Kabupaten Timor Tengah Selatan*. Jurnal Saintek Lahan Kering, 2, 42–46.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2004). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air laut KEP No-51/MNLH/I/2004 8 April 2004*.
- Mulyadi, T., & Sari, S. P. (2022). *Pemanfaatan Siput Gonggong Sebagai Bahan Baku Olahan Sosis Sebagaimakanan Khas Kota Batam*. Manner, 1(2), 78–86.
- Muzahar, & Viruly, L. (2020). *Identifikasi, reproduksi dan Karakterisasi Profil Protein Siput Gonggong-Ikon Kota Tanjungpinang* (Muzahar, Ed.; 1st ed.). UMRAH PRESS.
- Ndruru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. (2014). *Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang*. Saintia Matematika, 2(1), 71–83.
- Nurmiati, Sirih, H. M., & Parakkasi. (2016). *Identifikasi Jenis-Jenis Gastropoda Dan Bivalvia Di Pantai Lowu-Lowu Kecamatan Lea-Lea Kota Baubau*. Jurnal Ampibi, 1(3), 56–60.
- Nursyamsudin, & Jaelani, M. N. G. (2017). *Penguatan Literasi dan Numerasi* (L. L. C. Wibawa, Ed.). Direktorat Sekolah Menengah Atas.
- Poutiers, J. (1998). *Gastropods In: The Living Marine Resources of the Western Central Pacific*. FAO.
- Rizki, I. M., Suhendar, & Nuranti, G. (2022). *Profil Kemampuan Literasi Numerasi Peserta Didik SMA Pada Pembelajaran Biologi Kelas XII Pada Materi Evolusi*. BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, 8(3), 36–42.
- Rosady, V. P., Astuty, S., & Prihadi, D. J. (2016). *The Abundance and Habitat Conditions of Gonggong Snails (Strombus turturilla) on the Coast of Bintan Regency, Riau Islands*. Perikanan Kelautan, 7(2), 35–44.
- Rusmiati, Apriadi, T., & Idris, F. (2020). *Kelimpahan Diatom Bentik Berdasarkan Perbedaan Tipe Substrat di Perairan Pulau Dompak*,

- Kepulauan Riau. Jurnal Laot Ilmu Kelautan, 3(1), 45–53.*
- Rusmiati, & Idris, F. (2019). *The Abundance of Benthic Diatoms Based on Different Types of Substrates in Dompak Island Waters, Riau Islands. Jurnal La'ot Ilmu Kelautan, 3(1), 45–53.*
- Sachoeimar, S. I., & Kristijono, A. (2005). *Pengkajian Kondisi Hidro Oceanografi Perairan Estuari Teluk Kelabat, Bangka pada Musim Timur. Jurnal Alami, 10(3), 1–6.*
- Supratman, O., Hudatwi, M., & Auliana, I. (2020). *Karakter Morfologi Dan Dimorfisme Seksual Siput Gonggong (Strombus turturilla) Di Pulau Bangka, Kepulauan Bangka Belitung. JBIO: JURNAL BIOSAINS, 6(1), 11–17.*
- Supratman, O., & Syamsudin, T. S. (2018). *Karakteristik Habitat Siput Gonggong (Strombus turturilla) di Ekosistem Padang Lamun. J. Kel. Trop., 21(2), 81–90.*
- Supratman, O., Tati, D., & Syamsudin, S. (2018). *Karakteristik Habitat Siput Gonggong Strombus turturilla di Ekosistem Padang Lamun. 21(2), 81–90.*
<https://doi.org/10.14710/jkt.v21i1.2969>
- Susiana, Apriandi, A., & Rochmady. (2019). *Identifikasi Jenis Kelamin Siput Gonggong Strombus sp. Secara Morfologi di Perairan Madung, Tanjungpinang, Indonesia. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 11(3), 555–567.*
- Susiana, & Apriandi, A. R. (2019). *Identifikasi Jenis Kelamin Siput Gonggong Strombus sp. Secara Morfologi Di Perairan Madung, Tanjungpinang, Indonesia. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 11(3), 555–567.*
- Suwignyo, S., Widigdo, B., Wardiatno, Y., & Krisanti, M. (2005). *Avertebrata Air* (1st ed.). Penebar Swadaya.
- Tangke, U. (2010). *Ekosistem Padang Lamun. Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan, 3(1), 9–29.*
- Uneputty, P. A. (2007). *Patterns of relative growth in tropical neritids, Nerita undata, based on operculum analysis. Mar. Res. Indonesia, 32(1), 41–47.*
- Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). *Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. Family Medicine, 37, 360–363.*
- Viruly, L., Andarwulan, N., Tenawidjaja, M., & Nurilmala, M. (2019). *Protein histon pada siput laut gonggong Bintan Strombus sp. sebagai kandidat pangan fungsional. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 11(1), 89–102.*
- Yusri, Y. F., Suhaera, Sammulia, S. F., Mashar, H. M., & Siregar, D. R. S. (2023). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Siput Gonggong (Strombus turturilla) Terhadap Bakteri Pseudomonas Aeruginosa dan Staphylococcus Aureus. INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi, 2(3), 599–608.*