

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KITOSAN CANGKANG
KEPITING (*Scylla Serrata*) SEBAGAI BIOKOAGULAN UNTUK
ANALISIS MIKROPLASTIK JENIS POLIETILEN
TEREFTALAT (PET) PADA AIR**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar
Sarjana Sains*



Oleh :

NURILA RATI

NIM. 21036182

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

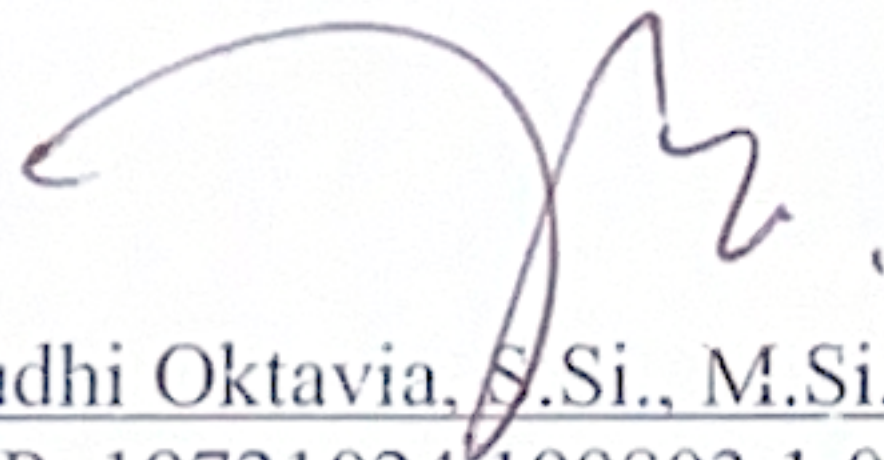
PERSETUJUAN SKRIPSI

Efektivitas Penggunaan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla Serrata*) sebagai
Biokoagulan untuk Analisis Mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET) dalam
Air

Nama : Nurila Rati
TM/NIM : 2021/21036182
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2025

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si
NIP. 196511181991021003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

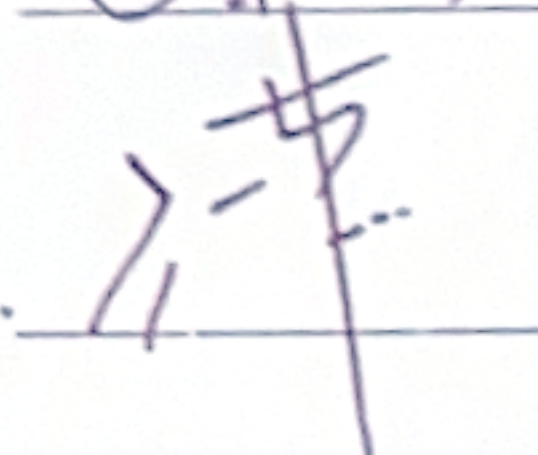
Nama : Nurila Rati
TM/NIM : 2021/21036182
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Efektivitas Penggunaan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla Serrata*) sebagai
Biokoagulan untuk Analisis Mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET) dalam
Air**

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, November 2025

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si	1. 
2	Anggota	Trisna Kumala Sari, S.Si, M.Si., Ph.D	2. 
3	Anggota	Okta Suryani, M.Sc., Ph.D	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Nurila Rati
TM/NIM : 2021/21036182
Tempat/Tanggal Lahir : Batu Kangkung / 19 Juli 2003
Program Studi : Kimia NK
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Efektivitas Penggunaan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla Serrata*) sebagai Biokoagulan untuk Analisis Mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET) dalam Air

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, November 2025
Yang Menyatakan



Nurila Rati
NIM. 21036182

Efektivitas Penggunaan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla Serrata*) sebagai Biokoagulan untuk Analisis Mikroplastik Jenis Polietilen Tereftalat (PET) pada Air

Nurila Rati

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kitosan dari limbah cangkang kepiting sebagai biokoagulan yang ramah lingkungan dalam proses penghilangan mikroplastik polietilen tereftalat (PET) melalui metode koagulasi. Kitosan diekstraksi melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Kemudian diaplikasikan dalam mikroplastik pada berbagai kondisi pH, dosis, dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan dari limbah cangkang kepiting dari limbah cangkang kepiting efektif dalam menurunkan konsentrasi mikroplastik dengan efisiensi penghilangan mencapai 97,30% pada kondisi optimal pH 6, dosis kitosan 600 mg/L dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Analisis karakterisasi menggunakan FT-IR, SEM, dan mikroskop stereo menunjukkan pembentukan flok yang besar dan stabil, serta adanya perubahan sifat mikroplastik setelah proses koagulasi. Penelitian ini menunjukkan potensi besar penggunaan limbah laut sebagai sumber alami dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah mikroplastik, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan limbah berbasis biopolimer.

Kata kunci: Kitosan, Mikroplastik, Polietilen Tereftalat (PET), Koagulan, Cangkang Kepiting

Effectiveness of Crab Shell Chitosan (Scylla Serrata) as a Bio-Coagulant for Analyzing Polyethylene Terephthalate (PET) Microplastics in Water

Nurila Rati

ABSTRACT

This study aimed to determine the effectiveness of chitosan from crab shell waste as an environmentally friendly biocoagulant in removing polyethylene terephthalate (PET) microplastics through a coagulation process. Chitosan was extracted through demineralization, deproteinization, and deacetylation processes. It was then applied to microplastics at various pH values, dosages, and stirring speeds. The results showed that chitosan from crab shell waste was effective in reducing microplastic concentrations, with a removal efficiency of 97,30 % at optimal pH 6, a chitosan dosage of 600 mg/L, and a stirring speed of 250 rpm. Characterization analysis using FT-IR, SEM, and stereomicroscope revealed the formation of large and stable flocs, as well as changes in the properties of the microplastics after the coagulation process. This study demonstrates the significant potential of using marine waste as a natural and environmentally friendly source for microplastic waste treatment and contributes to the development of biopolymer-based waste treatment technologies.

Keywords: Chitosan, Microplastic, Polyethylene Terephthalate (PET), Coagulant, Crab Shell

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur kehadiran Allah Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian dengan judul **“Efektivitas Penggunaan Kitosan dari Cangkang Kepiting (*Scylla Serrata*) sebagai Biokoagulan untuk Analisis Mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET) Pada Air”** dengan lancar.

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis menghadapi banyak tantangan dan kesulitan selama proses ini, akan tetapi penulis berhasil melewatinya berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan proposal ini:

1. Bapak Prof. Indang Dewata, S.Si., M.Si selaku penasehat akademik dan pembimbing tugas akhir, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penelitian ini.
2. Ibu Trisna Kumala Sari, M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
3. Ibu Okta Suryani, S.Pd., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D, selaku Ketua Departemen dan Ketua Prodi Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Hardi Tono selaku papa penulis. Beliau merupakan seorang yang kuat, hebat, dan memiliki rasa tanggung jawab tinggi terhadap penulis. Beliau selalu mengusahakan dan selalu memberikan dukungan semangat serta do'a, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan ini.
6. Ibu Ratna Wati selaku mama penulis. Beliau merupakan seorang yang sabar, tangguh, hebat, penuh kasih sayang dan cinta terhadap penulis. Mama yang selalu memberikan dukungan semangat, masukan, serta do'a, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan ini.
7. Adik, teman-teman, dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan semangat, serta membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan, penelitian, dan skripsi ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Skripsi ini ditulis sesuai dengan panduan skripsi non-pendidikan untuk kesempurnaan, oleh karena itu diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang ilmu pengetahuan dan sains.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Padang, November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Mikroplastik (MPs)	7
B. Polietilen Tereflatat (PET).....	10
C. Metode Koagulasi	13
D. Kitosan.....	14
E. Identifikasi Mikroplastik	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
B. Objek Penelitian.....	20

C. Variabel Penelitian	20
D. Alat dan Bahan.....	21
E. Prosedur Kerja	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Hasil Penelitian	25
B. Pembahasan	46
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jenis- Jenis Plastik Polimer Sintetik	7
Gambar 2. Warna Mikroplastik	9
Gambar 3. Struktur Kimia Pet	10
Gambar 4. . Reaksi Pembuatan PET	12
Gambar 5. Mekanisme Dan Proses Pembentukan Flok	14
Gambar 6. Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan	15
Gambar 7. Spektrum Serapan Ftir Dari Pet	17
Gambar 8. Hasil spektrum SEM dari PET	18
Gambar 9. Reaksi Pembentukan Kitosan	27
Gambar 10. Hasil FT-IR C.Kepiting, Kitin, Kitosan	28
Gambar 11. Hasil Variasi pH.....	32
Gambar 12. Hasil Variasi Dosis Kitosan.....	36
Gambar 13. Hasil Variasi Kecepatan Pengadukan	38
Gambar 14. Hasil FT-IR PET Murni Dan PET Sampel.....	40
Gambar 15. Hasil FT-IR Setelah Koagulasi	41
Gambar 16. Hasil SEM	43
Gambar 17. Hasil Mikroskop Stereo.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bentuk-Bentuk Mikroplastik.....	8
Tabel 2. Sifat Fisika Dan Kimia Polietilen Tereftalat.....	11
Tabel 3. Perubahan Bilangan Gelombang dan % Transmitan.....	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerangka Penelitian	56
Lampiran 2. Preparasi Biokoagulan (Kitosan Dari Limbah C. Kepiting).....	57
Lampiran 3. Pembuatan Kitosan.....	58
Lampiran 4. Preparasi Larutan Sampel Mikroplastik PET	60
Lampiran 5. Koagulasi Untuk Penentuan Kondisi Optimum.....	61
Lampiran 6. Aplikasi Koagulasi Pada Larutan Sampel Mikroplastik PET.....	62
Lampiran 7. Anggaran Biaya.....	63
Lampiran 8. Spektrum FT-IR Ekstraksi Kitosan.....	64
Lampiran 9. Hasil FT-IR Mikroplastik PET Sebelum Dan Sesudah Koagulasi .	66
Lampiran 10. Hasil Karakterisasi SEM	68
Lampiran 11. Hasil Karakterisasi Mikroskop Stereo.....	69
Lampiran 12. Data Koagulasi.....	70
Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Dewata & danhan (2023), Pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditentukan. Pencemaran tersebut dapat dihasilkan dari berbagai sumber, seperti industri, kegiatan manusia sehari-hari, dan perilaku. Dari berbagai sumber tersebut, polutan yang umum dihasilkan dan dijumpai di lingkungan antara lain adalah sampah plastik.

Sampah plastik merupakan salah satu polutan yang memiliki dampak serius bagi lingkungan, karena keberadaannya yang melimpah dan sifatnya yang persisten atau tidak mudah terurai (dapat bertahan lama). Keunggulan plastik seperti ringan, transparan, kuat, murah, dan mudah didapat membuatnya banyak digunakan (Eamrat et al., 2024). Penumpukannya di lingkungan termasuk perairan menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem maupun kesehatan. Hal ini disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, seperti konsumsi berlebihan, pengolahan limbah yang buruk, aktivitas pertanian, dan lain-lain (Huang et al., 2023). Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup mengindikasikan bahwa Indonesia menghasilkan sekitar 67,8 juta ton sampah setiap tahunnya, sebuah statistik yang diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Dalam satu dekade ke depan, jumlah sampah plastik diperkirakan akan meningkat sebesar 6% dibandingkan dengan angka yang didokumentasikan pada tahun 2021. Sampah plastik terdiri

dari 15% dari sampah harian yang dihasilkan, setara dengan sekitar 28,4 ribu ton, dengan total volume sampah 189 ribu ton (Ekoputri et al., 2023).

Sampah plastik di ekosistem perairan terurai menjadi partikel-partikel kecil yang disebut sebagai mikroplastik. Plastik yang telah berbentuk mikroplastik ini memiliki ukuran yang berkisar antara <5 mm (Prof et al., 2025). Mikroplastik kini menjadi salah satu ancaman serius di perairan Indonesia. Kebiasaan membuang sampah plastik sembarangan di sungai maupun didaerah pesisir oleh masyarakat menjadi penyebab utama masalah ini (Utami et al., 2022)

Mikroplastik memiliki bermacam-macam jenis, antara lain polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polistiren (PS), dan lain sebagainya termasuk polietilen tereptalat (PET). Mikroplastik jenis PET atau polietilen tereptalat merupakan plastik sintetis yang paling banyak digunakan, baik sebagai bahan pembuatan botol minuman, kemasan makanan, dan tekstil. Sehingga PET menjadi salah satu sumber polutan utama di lingkungan perairan (Dos Santos Pereira et al., 2017). Meskipun PET sangat banyak digunakan dan berkontribusi pada kehidupan sehari-hari, keberadaan limbah PET di lingkungan dapat menimbulkan masalah serius karena produk akhir yang diperoleh PET membutuhkan waktu sekitar 300-450 tahun untuk terurai secara alami (Liu et al., 2020). Karena ketahanannya terhadap degradasi alami, biologis, maupun atmosfer menjadikannya sebagai bahan yang cukup berbahaya jika dibiarkan dalam kondisi pelapukan alami tanpa didaur ulang, yang akan mengakibatkan fermentasi dan pembentukan mikroplastik PET yang berbahaya bagi ekosistem (Kumar et al., 2021). Mikroplastik jenis PET juga berpotensi memberikan

dampak buruk pada kesehatan manusia, seperti berisiko mengganggu proses pencernaan, meningkatkan kemungkinan terkena kanker, menyebabkan iritasi kulit, memicu penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, serta masalah pada sistem reproduksi (Abda, 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan teknologi yang mungkin berhasil mengatasi masalah ini, termasuk penyaringan, biodegradasi, pemisahan membran, adsorpsi (Sulistyaningsih et al., 2021) dan termasuk koagulasi. Di antara berbagai metode yang dapat digunakan, metode koagulasi telah menarik perhatian banyak kalangan yang mana merupakan strategi yang layak untuk menghilangkan mikroplastik karena prosesnya yang cukup sederhana dan hemat biaya (Huang et al., 2023). Hal tersebut mendorong penulis untuk menggunakan metode koagulasi sebagai pendestabilisasi pengotor yang ada pada air.

Metode koagulasi memiliki berbagai koagulan yang dapat digunakan dalam prosesnya seperti tawas, natrium aluminat, besi klorida dan lain sebagainya. Koagulan konvensional cukup efektif digunakan dalam proses koagulasi. Namun koagulan ini juga memiliki kelemahan, seperti biaya yang tinggi, resistensi terhadap biodegradasi, dan toksisitas. Selain itu, penggunaannya secara berlebihan juga dapat memberikan efek bahaya pada kesehatan seperti penyakit alzheimer, yang disebabkan karena terpapar oleh aluminium (Liemin et al., 2023). Oleh karena itu dibutuhkan koagulan baru yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya untuk digunakan, seperti kitosan yang berasal dari bahan alami.

Biokoagulan seperti kitosan ini memiliki keunggulan yaitu ramah lingkungan, hemat biaya dan tidak beracun (Eamrat et al., 2024). Kitosan tergolong biopolimer alami yang dapat diekstraksi dari cangkang udang, cangkang kepiting, cangkang kerang, jamur dan cendawan (Hariyanto et al., 2023). Kitosan memiliki sifat non-toksik, biofungsional, biokompatible, biodegradable, dan memiliki karakteristik sebagai agen antimikroba (Hardiningtyas et al., 2022). Hal ini juga yang menjadi alasan mengapa digunakannya kitosan sebagai biokoagulan pada penelitian ini. Selain itu, kitosan yang akan digunakan dalam penelitian ini dihasilkan dari limbah cangkang kepiting melalui beberapa proses yaitu deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi (Hariyanto et al., 2023). Cangkang kepiting memiliki kandungan kimia yang signifikan, yaitu kitin, protein, mineral, dan lemak (Dali et al., 2016). Penggunaan limbah cangkang kepiting sebagai sumber kitosan pada penelitian ini karena ketersediaan limbah cangkang kepiting yang banyak (kurang dimanfaatkan) dan relatif murah, sehingga menjadikan alternatif yang lebih ekonomis dan bermanfaat.

Penelitian ini dilakukan sebagai pengembangan metode koagulasi menggunakan biokoagulan baru yang memanfaatkan limbah cangkang kepiting. Dalam analisis kualitas air, penelitian ini akan menunjukkan keefektifan dan skalabilitas dari kitosan cangkang kepiting sebagai koagulan berbasis bio baru.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, banyak masalah yang dapat diidentifikasi seperti yang dijelaskan di bawah ini:

1. Produksi dan penggunaan plastik yang berlebihan sangat merusak lingkungan, ekosistem, dan kesehatan manusia.
2. Ukuran mikroplastik yang sangat kecil membuat mikroplastik sulit untuk diidentifikasi secara langsung.
3. Dibutuhkannya pengembangan jenis agen koagulan yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan.
4. Banyaknya limbah cangkang kepiting yang dapat dimanfaatkan tetapi tidak digunakan.

C. Batasan Masalah

Untuk menyempurnakan topik penelitian ini, peneliti menetapkan masalah khusus yang diteliti dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Sampel mikroplastik yang digunakan yaitu mikroplastik jenis Polietilen Tereftalate (PET) yang didapat dari PET murni dan sampah plastik bekas yaitu teh botol bekas.
2. Efektivitas pengurangan mikroplastik pada air menggunakan metode koagulasi.
3. Koagulan yang digunakan sebagai kitosan berasal dari limbah cangkang kepiting.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana mengetahui kondisi optimum kitosan dan keefektifan kitosan sebagai biokoagulan dalam menganalisis mikroplastik jenis Polietilen Tereftalat (PET)?

2. Bagaimana mengidentifikasi mikroplastik Polietilen Tereftalat dalam air?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi optimum kitosan cangkang kepiting dalam menganalisis mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET).
2. Mengetahui keefektifan kitosan dari cangkang kepiting sebagai biokoagulan dalam menganalisis mikroplastik Polietilen Tereftalan (PET) dalam air.
3. Mengidentifikasi mikroplastik Poliethylene Terephthalate (PET) menggunakan FT-IR, SEM, dan mikroskop stereo.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi optimum dan keefektifan kitosan dari cangkang kepiting dalam menganalisis mikroplastik.
2. Mengetahui cara mengidentifikasi mikroplastik Polietilen Tereftalat (PET) menggunakan FT-IR, SEM, dan mikroskop stereo.
3. Mengetahui cara menganalisis mikroplastik dengan metode koagulasi menggunakan agen koagulan yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Kitosan cangkang kepiting terbukti efektif digunakan sebagai biokoagulan dalam proses koagulasi mikroplastik, efektivitas penghilangan mencapai 97,30 %.
2. Kondisi optimum yang dihasilkan yaitu pada pH 6, dosis kitosan 600mg/L, dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Pada kondisi ini kitosan berperan aktif dalam mengendapkan partikel mikroplastik dan membentuk flok-flok.
3. Mikroplastik Polietiln Tereftalat (PET) berhasil diidentifikasi menggunakan instrument FT-IR, SEM, dan mikroskop stereo.

B. Saran

1. Untuk meningkatkan efektivitas penghilangan mikroplastik, disarankan untuk mengkombinasikan kitosan dengan koagulan lain, baik alami maupun kimia dalam kondisi optimal, agar diperoleh hasil yang lebih optimal dan efesien.
2. Perlu dilakukan pengujian skala besar dengan uji coba pada skala lapangan, guna menilai efektivitas dan potensi implementasi nyata di lingkungan perairan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abda, A. W. (2024). Karakterisasi Mikroplastik Pada Air Laut di Pesisir Pantai Utara Aceh. 83.
- Angraini, S., Pinem, J. A., & Saputra, E. (2016). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Tekanan Pemompaan Pada Kombinasi Proses Koagulasi Dan Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.
- Arossa, S., Martin, C., Rossbach, S., & Duarte, C. M. (2019). Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environmental Pollution*, 252, 1257–1266. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.149>
- Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 328–341. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>
- Basri K, S., K, B., Syaputra, E. M., & Handayani, S. (2021). Microplastic Pollution in Waters and its Impact on Health and Environment in Indonesia: A Review. *Journal of Public Health for Tropical and Coastal Region*, 4(2), 63–77. <https://doi.org/10.14710/jphtcr.v4i2.10809>
- Bayarkhuu, B., & Byun, J. (2022). Optimization of coagulation and sedimentation conditions by turbidity measurement for nano- and microplastic removal. *Chemosphere*, 306(June), 135572. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135572>
- Dali, S., Safitri, N. R. D., & Fawwaz, M. (2016). ISOLASI KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG KEPITING BAKAU (*Scylla serrata*) DAN APLIKASINYA TERHADAP PENYERAPAN TRIGLISERIDA. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 8(2), 20–27. <https://doi.org/10.33096/jifa.v8i2.200>
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2023). *Pencemaran Lingkungan*. PT. RajaGrafindo Persada-Rajawali Pers.
- Djajadi, D. T., Müller, S., Fiutowski, J., Rubahn, H. G., Thygesen, L. G., & Posth, N. R. (2024). Interaction of chitosan with nanoplastic in water: The effect of environmental conditions, particle properties, and potential for in situ remediation. *Science of the Total Environment*, 907(September 2023), 167918. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167918>
- Dos Santos Pereira, A. P., Da Silva, M. H. P., Lima, É. P., Dos Santos Paula, A., & Tommasini, F. J. (2017). Processing and characterization of PET composites

- reinforced with geopolymer concrete waste. *Materials Research*, 20, 411–420. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0734>
- Eamrat, R., Rujakom, S., Pussayanavin, T., Taweesan, A., Witthayaphirom, C., & Kamei, T. (2024a). Optimizing biocoagulant aid from shrimp shells (*Litopenaeus vannamei*) for enhancing microplastics removal from aqueous solutions. *Environmental Technology and Innovation*, 33(September 2023), 103457. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103457>
- Eamrat, R., Rujakom, S., Pussayanavin, T., Taweesan, A., Witthayaphirom, C., & Kamei, T. (2024b). Optimizing biocoagulant aid from shrimp shells (*Litopenaeus vannamei*) for enhancing microplastics removal from aqueous solutions. *Environmental Technology and Innovation*, 33(September 2023), 103457. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103457>
- Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7781–7787. <https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.715>
- Febriyanti, S. V., Utomo, K. P., & Sulastri, A. (2024). Analisis Bentuk Mikroplastik pada Sedimen Pantai Mangrove di Kalimantan Barat. *Journal of Marine Research*, 13(2), 231–238. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.36714>
- Halim, A., Jansar, K. M., Latif, M. T., & Mohd Ali, M. (2024). Taburan Menegak Mikroplastik dalam Sedimen Teras di Muara Sungai Pulau, Johor. *Sains Malaysiana*, 53(10), 3301–3313. <https://doi.org/10.17576/jsm-2024-5310-06>
- Hardiningtyas, S. D., Bahri, D. F., & Suptijah, P. (2022). Antimicrobial Activity of Nanochitosan Shrimp Shell as a Hands Sanitizer. *Journal of Marine and Coastal Science*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v11i1.33821>
- Hariyanto, Y. A., Antasionasti, I., & Jayanti, M. (2023). Peningkatan Nilai Guna Cangkang Kepiting sebagai Kitosan untuk Raw Material pada Pasta Gigi Herbal. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(3), 696. <https://doi.org/10.28926/briliant.v8i3.1574>
- Huang, L., He, W., Zhang, Y., Wang, X., Wu, K., Yang, Z., & Zhang, J. (2023a). Chitosan enhances poly aluminum chloride flocculation system removal of microplastics: Effective, stable, and pollution free. *Journal of Water Process Engineering*, 54(2), 103929. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103929>
- Huang, L., He, W., Zhang, Y., Wang, X., Wu, K., Yang, Z., & Zhang, J. (2023b). Chitosan enhances poly aluminum chloride flocculation system removal of

- microplastics: Effective, stable, and pollution free. *Journal of Water Process Engineering*, 54(2), 103929. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103929>
- Jiang, X., Li, Y., Tang, X., Jiang, J., He, Q., Xiong, Z., & Zheng, H. (2021). Biopolymer-based flocculants: a review of recent technologies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(34), 46934–46963. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15299-y>
- Khan, M. T., Ahmad, M., Hossain, M. F., Nawab, A., Ahmad, I., Ahmad, K., & Panyametheekul, S. (2023). Microplastic removal by coagulation: a review of optimizing the reaction conditions and mechanisms. *Water Emerging Contaminants and Nanoplastics*, 2(4). <https://doi.org/10.20517/wecn.2023.39>
- Kumar, A., Bedi, R., & Singh, B. (2021). *Composite materials based on recycled polyethylene terephthalate and their properties – A comprehensive review*. 219(January).
- Kumari, S., Kumar Annamareddy, S. H., Abanti, S., & Kumar Rath, P. (2017). Physicochemical properties and characterization of chitosan synthesized from fish scales, crab and shrimp shells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1697–1705. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.119>
- Liang, Y., Deng, L., Feng, Z., Ouyang, Q., Wu, X., Quan, W., Zhu, Y., Ye, H., Wu, K., & Luo, H. (2023). A Chitosan-Based Flocculation Method for Efficient Recovery of High-Purity B-Phycocerythrin from a Low Concentration of Phycobilin in Wastewater. *Molecules*, 28(8). <https://doi.org/10.3390/molecules28083600>
- Liemin, A. N., Sembiring, M. K., & Hadiyanto, H. (2023). Utilization of chicken eggshell and chitosan as coagulants for microplastic removal from aquatic system. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, 2(1), 21–30. <https://doi.org/10.14710/jbes.2023.16478>
- Liu, X., Wen, Y., Chen, X., Tang, T., & Mijowska, E. (2020). Co-etching effect to convert waste polyethylene terephthalate into hierarchical porous carbon toward excellent capacitive energy storage. *Science of the Total Environment*, 723, 138055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138055>
- Luthfiyana, N., Ratrinia, P. W., Rukisah, Asniar, & Hidayat, T. (2022). Optimization of Demineralization Stage in Chitosan Extraction from Mangrove Crab Shell (*Scylla* sp.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 352–363. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.41853>
- Ma, B., Xue, W., Ding, Y., Hu, C., Liu, H., & Qu, J. (2019). Removal characteristics of microplastics by Fe-based coagulants during drinking water treatment. *Journal of*

- Environmental Sciences (China)*, 78, 267–275.
<https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.10.006>
- Maghsodian, Z., Sanati, A. M., Ramavandi, B., Ghasemi, A., & Sorial, G. A. (2021). Microplastics accumulation in sediments and *Periophthalmus waltoni* fish, mangrove forests in southern Iran. *Chemosphere*, 264, 128543.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128543>
- Prasetyo, S., Santos, C. A., Sugih, A. K., & Kristianto, H. (2025). Utilization of chitosan as a natural coagulant for polyethylene microplastic removal. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 9(August 2024), 100225.
<https://doi.org/10.1016/j.scenv.2025.100225>
- Priambudi, N. S., & Purnomo, Y. S. (2024). Penggunaan Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Kandungan Fosfat, Kekeruhan, dan TSS pada Limbah Laundry. *Jurnal Serambi Engineenig*, 9(3), 9341–9348.
- Prof, J., No, M. Y., & Timur, K. L. (2025). *Kabupaten Lombok Timur (Identification Of The Presence Of Microplastics In Sediments On The Coast Of Labuhan Haji, East Lombok District) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hamzanwadi*. 3(1), 63–74.
- Purwaningsih, D. Y., Anisa, D., Drezely, A., & Putri, O. (2020). Kitosan Sebagai Koagulan Untuk Removal Warna Pada Limbah Cair Industri Pangan. *Seinar Nasional Sains Dann Teknologi Terapan VIII*, 541–546.
- Putranto, P. A., Khoironi, A., & Baihaqi, R. A. (2023). Journal of Emerging Science and Engineering Optimisation of chitosan as a natural flocculant for microplastic remediation. *J. Emerg. Sci. Eng*, 2023(2), 44–50.
- Risch, P., & Adlhart, C. (2021). A Chitosan Nanofiber Sponge for Oyster-Inspired Filtration of Microplastics. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(9), 4685–4694.
<https://doi.org/10.1021/acsapm.1c00799>
- Setiawan, N., Sarofah, U., & Priyanto, A. D. (2021). Efektivitas Kitosan Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata*) terhadap Penurunan Logam Timbal (Pb) Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 4(2), 197–207. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v4i2.7045>
- Sulistyaningsih, T., Astuti, W., Ariyani, D. S., & Semarang, U. N. (2021). Modifikasi Magnetit Menggunakan Asam Humat Guna Meningkatkan Kemampuan Adsorpsi Terhadap Zat Warna Malachite Green. *Inovasi Sains Dan Kesehatan*, 1–1.
<https://bookchapter.unnes.ac.id/index.php/ISK/article/view/12>

- Sumarmi, Putra, A. K., Mutia, T., Sahrina, A., & Osman, S. (2024). A technocreativity learning model based on environmental volunteers for waste management. *Visions For Sustainability*, 21, 67–95.
- Tamargo, A., Molinero, N., Reinoso, J. J., Alcolea-Rodriguez, V., Portela, R., Bañares, M. A., Fernández, J. F., & Moreno-Arribas, M. V. (2022). PET microplastics affect human gut microbiota communities during simulated gastrointestinal digestion, first evidence of plausible polymer biodegradation during human digestion. *Scientific Reports*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04489-w>
- Utami, I., Resdianningsih, K., & Rahmawati, S. (2022). Temuan Mikroplastik pada Sedimen Sungai Progo dan Sungai Opak Kabupaten Bantul. *Jurnal Riset Daerah*, 22(1), 4175–4184. <https://ojs.bantulkab.go.id/index.php/jrd/article/view/21>
- Utomo, L. W., & Susi Arfiana, S. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 164–179.
- Wahab, N. A. A., Jackariya, N. K. N. H. M., Isa, N., Othman, N. A., Inderan, V., & Kassim, N. F. A. (2023). The effects of pH on microplastics removal by electrocoagulation process using nickel electrode. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 27(4), 693–701.
- Welden, N. A. C., & Lusher, A. L. (2017). Impacts of changing ocean circulation on the distribution of marine microplastic litter. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 483–487. <https://doi.org/10.1002/ieam.1911>
- Yin, C. Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437–1444. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>
- Zhang, X., Chen, J., & Li, J. (2020). The removal of microplastics in the wastewater treatment process and their potential impact on anaerobic digestion due to pollutants association. *Chemosphere*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126360>