

LAPORAN SKRIPSI

CORALIFY: INOVASI TERUMBU KARANG BUATAN BERBASIS LIMBAH PLASTIK DAN BIOCHAR UNTUK RESTORASI EKOSISTEM TERUMBU KARANG



Disusun oleh :
Adam Kusumah

210212E

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

CORALIFY:

INOVASI TERUMBU KARANG BUATAN BERBASIS LIMBAH PLASTIK DAN BIOCHAR UNTUK RESTORASI EKOSISTEM TERUMBU KARANG

Diusulkan oleh
ADAM KUSUMAH
21210212E

Telah disetujui untuk diujikan
pada tanggal 18 Februari 2025

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Dr. SUNARDI, S.Si., M.Si.
NIS: 01199603011054



BAGUS ISMAIL ADHI W, ST., MT.
NIS: 1200807161128

Mengetahui,
Kepala Program Studi
S1 Teknik Industri



ERNI SUPARTI, ST., MT.
NIS: 01201109162145

**HALAMAN PENGESAHAN
UJIAN SKRIPSI**

Coralify:

**Inovasi Terumbu Karang Buatan Berbasis
Limbah Plastik Dan Biochar Untuk Restorasi
Ekosistem Terumbu Karang**

Disusun oleh:

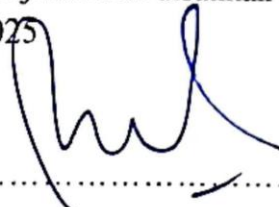
**ADAM KUSUMAH
21210212E**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, diujikan dan disahkan
Pada tanggal 18 Februari 2025

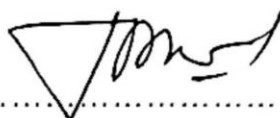
Susunan Tim Penguji

Pembimbing :

Prof. Dr. SUNARDI, S.Si., M.Si.



BAGUS ISMAIL ADHI W, ST., MT.



Penguji:

IDA GIYANTI, ST., MT.



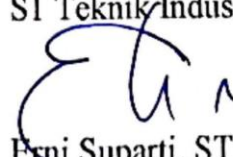
ANITA INDRASARI, ST., M.Sc.



Mengetahui,



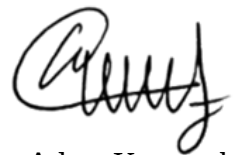
Ketua Program Studi
S1 Teknik Industri


Erni Suparti, ST., M.T.
NIS: 01201109162145

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acu dalam makalah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, 17 Januari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adam Kusumah', written in a cursive style.

Adam Kusumah

HALAMAN PERSEMBAHAN

Moto
“Just do it.”

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Setiap orang yang ingin membuat Bumi
menjadi tempat tinggal yang lebih baik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta. Selama pelaksanaan dan penyusunan skripsi, penulis banyak memperoleh bantuan, dorongan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan rasa penghargaan yang tulus kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan jalan, tantangan, keseruan dan kekuatan bagi saya untuk melewati setiap masalah dalam proses hingga skripsi ini bisa diselesaikan dengan efisien dan efektif.
2. Diri saya sendiri yang terus berani mencoba setiap tantangan yang diberikan Allah SWT.
3. Lisa Ambarwati, kakak kedua perempuan saya tercinta yang telah dengan rendah hati dan ikhlas mengorbankan cita-cita, pendidikan, dan tabungan pribadinya untuk membiayai saya melanjutkan pendidikan tingkat SMK sekaligus mendukung saya untuk melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi. Tidak berlebihan jika semua pencapaian saya saat ini, ada karena pengorbanannya.
4. Sherly Retno Eleyse dan Agung Permana Sidik, kakak pertama perempuan dan kakak ketiga laki-laki yang juga bahu membahu membiayai kuliah saya dari awal hingga akhir.
5. Orang tua dan adik saya, Dewi Ayu Larasati yang mendukung secara mental dari rumah.
6. Bapak Prof. Dr. Sunardi, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan bapak Bagus Ismail Adhi Wicaksana ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk membimbing saya menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.
7. Ibu Ida Giyanti ST., MT., selaku dosen penguji I dan ibu Anita Indrasari ST., MSc., selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan saran, kritik, dan masukan yang membangun bagi skripsi saya menjadi lebih baik.
8. Ibu Erni Suparti ST., MT., selaku ketua program studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi

9. Sarah Rosa Elkana Manalu yang telah bersedia menjadi partner diskusi dan berdebat dari awal hingga akhir penyusunan skripsi.
10. Jericho Enggal Jaya kawan seperjuangan yang telah membantu selama proses teknis pembuatan produk Coralify.
11. *Cleaning service* kampus Universitas Setia Budi yang telah membantu menyediakan botol plastik PET untuk keperluan penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna dan masih bisa ditingkatkan menjadi lebih baik lagi. Maka kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan skripsi ini di masa mendatang. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Surakarta, 17 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tinjauan Pustaka dan <i>Novelty</i>	4
1.3 Perumusan Masalah	8
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah	8
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Plastik	10
2.1.1 Pengertian dan Jenis Plastik	10
2.1.2 Mikroplastik	11
2.2 Terumbu Karang	12
2.2.1 Pengertian dan Peran Terumbu Karang	12
2.2.3 Kerusakan Terumbu Karang	16

2.2.4	Terumbu Karang Buatan	16
2.3	<i>Sustainable Development Goals (SDGs)</i>	17
2.4	Material Produk Coralify	19
2.4.1	Plastik PET	19
2.4.2	Biochar	19
2.4.3	Resin	19
2.5	Enam Tahap Pengembangan Produk (Ulrich & Eppinger).....	19
2.5.1	Perencanaan.....	20
2.5.2	Pengembangan Konsep	25
2.5.3	Perancangan Tingkat Sistem.....	27
2.5.4	Perancangan Detail	28
2.5.6	Peluncuran Produk	30
BAB III METODE PENELITIAN.....		32
3.1	Lokasi dan Jadwal Penelitian.....	32
3.2	Alur Penelitian.....	33
3.3	Penjelasan Teknis Alur Penelitian	34
3.3.1	Tahap Pendahuluan	34
3.3.2	Tahap Perencanaan.....	34
3.3.3	Tahap Pengembangan Konsep	37
3.3.4	Tahap Perancangan Tingkat Sistem.....	38
3.3.5	Tahap Perancangan Detail	38
3.3.6	Tahap Pengujian.....	41
3.3.7	Tahap Akhir.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	<i>Voice of the Customer (Whats)</i>	46
4.2	Menentukan <i>Technical Response (Hows)</i>	47
4.3	Menentukan <i>Planning Matrix</i>	48
4.3.1	<i>Importance to Customer</i>	48

4.3.2	<i>Current Satisfaction Performance</i>	49
4.3.3	<i>Goal</i>	50
4.3.4	<i>Improvement Ratio</i>	51
4.3.5	<i>Sales Point</i>	51
4.3.6	<i>Raw Weight</i>	52
4.3.7	<i>Normalized Raw Weight</i>	52
4.4	Menentukan Hubungan antara Whats dan Hows	53
4.4.1	<i>Menentukan Technical Correlation</i>	54
4.4.2	<i>Technical Matrix (Prioritas Pengembangan Teknis)</i>	55
4.4.3	<i>Matrix HOQ</i>	57
4.5	Hasil Pengembangan Konsep	59
4.5.1	<i>Brainstorming Ide</i>	59
4.5.2	<i>Evaluasi Konsep</i>	60
4.6	Tahap Perancangan Tingkat Sistem	65
4.6.1	<i>Arsitektur Produk</i>	65
4.6.2	<i>Spesifikasi Komponen Produk</i>	66
4.6.3	<i>Diagram Arsitektur Produk</i>	67
4.6.4	<i>Alur Produksi</i>	67
4.7	Tahap Perancangan Detail	69
4.7.1	<i>Model 3 Dimensi</i>	69
4.7.2	<i>Pembuatan Prototipe</i>	69
4.8	Tahap Pengujian	70
4.8.1	<i>Pengambilan Data</i>	70
4.8.2	<i>Uji Cemarkan Mikroplastik</i>	72
4.8.3	<i>Uji Beda Formulasi Produk</i>	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	77

DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tinjauan pustaka penelitian terumbu karang buatan	6
Tabel 2. Karakteristik jenis plastik	10
Tabel 3. Simbol hubungan	22
Tabel 4. Simbol matriks korelasi	25
Tabel 5. Format weighted decision matrix	27
Tabel 6. Jadwal penelitian	32
Tabel 7. Formulasi produk Coralify untuk keperluan pengujian	39
Tabel 8. Voice of the customer	46
Tabel 9. Atribut produk Coralify	47
Tabel 10. Respon Teknis	47
Tabel 11. <i>Importance to customer</i>	48
Tabel 12. <i>Current satisfaction performance</i>	49
Tabel 13. <i>Goal</i>	50
Tabel 14. <i>Improvement ratio</i>	51
Tabel 15. <i>Sales point</i>	51
Tabel 16. <i>Raw weight</i>	52
Tabel 17. <i>Normalized raw weight</i>	53
Tabel 18. <i>Matrix relationship</i>	54
Tabel 19. <i>Technical matrix</i>	56
Tabel 20. Konsep produk Coralify	63
Tabel 21. Hasil penilaian konsep produk	64
Tabel 22. Hasil <i>weighted decision matrix</i>	65
Tabel 23. Formulasi aktual Produk Coralify	69
Tabel 24. Rata-rata massa mikroplastik	72
Tabel 25. Uji normalitas data	75
Tabel 26. Uji homogenitas	75
Tabel 27. Hasil uji beda	76
Tabel 28. Tabel pengisian <i>voice of the customer</i> oleh responden	90
Tabel 29. Tabel penilaian atribut oleh responden	90
Tabel 30. Isian penilaian konsep produk oleh tim produksi Coralify	92
Tabel 31. Rata-rata penilaian konsep produk oleh responden penelitian	92
Tabel 32. Hasil uji normalitas	99
Tabel 33. Hasil uji homogenitas	100
Tabel 34. Hasil uji Anova	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Acropora intermedia</i>	13
Gambar 2. <i>Acropora pulchra</i>	14
Gambar 3. <i>Montipora foliosa</i>	14
Gambar 4. <i>Porites lobata</i>	15
Gambar 5. 17 tujuan global SDGs.....	18
Gambar 6. Enam fase proses perancangan dan pengembangan produk.....	20
Gambar 7. Langkah pengisian QFD dengan HOQ.....	21
Gambar 8. Matriks korelasi	25
Gambar 9. Alur penelitian	33
Gambar 10. <i>Technical correlation</i>	55
Gambar 11. <i>House of Quality</i>	58
Gambar 12. Moodboard.....	60
Gambar 13. Konsep desain 1.....	61
Gambar 14. Konsep desain 2.....	61
Gambar 15. Konsep desain 3.....	62
Gambar 16. Konsep desain 4.....	62
Gambar 17. Dimensi keseluruhan ke produk Coralify	66
Gambar 18. Dimensi komponen produk Coralify	67
Gambar 19. Diagram arsitektur produk Coralify.....	67
Gambar 20. Prorotipe produk Coralify.....	70
Gambar 21. persiapan bahan uji	71
Gambar 22. Pengambilan data hari ke-7	71
Gambar 23. Tingkat cemaran mikroplastik	73
Gambar 24. Pemotongan plastik PET.....	93
Gambar 25. Penimbangan material	93
Gambar 26. Proses <i>casting</i> material	93
Gambar 27. Hasil akhir produksi produk Coralify	94
Gambar 28. Proses pelepasan produk dari cetakan	94
Gambar 29. Proses pengukuran sampel air	95
Gambar 30. Proses penimbangan kertas pra penyaringan.....	95
Gambar 31. Proses pengadukan H ₂ O ₂ dengan sampel air	95
Gambar 32. Proses penyimpanan sampel dalam suhu ruang selama 24 jam	95
Gambar 33. Proses penyaringan mikroplastik.....	96
Gambar 34. Proses pengeringan kertas saring.....	96
Gambar 35. Proses pendinginan kertas saring dalam desikator	96

Gambar 36. Proses penimbangan kertas saring pasca penyaringan	96
Gambar 37. Proses Input data gravimetri	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar dan <i>checklist</i> saran/revisi	87
Lampiran 2. Formulir isian <i>Voice of the Customer</i>	89
Lampiran 3. Formulir isian <i>weighted decision matrix</i>	91
Lampiran 4. Proses pembuatan produk Coralify	93
Lampiran 5. Proses uji mikroplastik produk Coralify dengan Gravimetri	95
Lampiran 6. Data hasil uji cemaran mikroplastik dengan metode gravimetri	97
Lampiran 7. Proses uji beda formulasi produk Coralify dengan Anova	99

ABSTRAK

CORALIFY: INOVASI TERUMBU KARANG BUATAN BERBASIS LIMBAH PLASTIK DAN BIOCHAR UNTUK RESTORASI EKOSISTEM TERUMBU KARANG

Oleh:

Adam Kusumah

21210212E

Plastik banyak digunakan karena sifatnya yang mudah dibentuk, namun limbahnya menyebabkan masalah lingkungan, seperti pencemaran mikroplastik. Di sisi lain, kerusakan terumbu karang juga kerap terjadi akibat aktivitas manusia dan fenomena alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk terumbu karang buatan bernama Coralify yang berbahan dasar limbah plastik, biochar, dan resin, menggunakan metode enam fase proses perancangan dan pengembangan produk oleh Ulrich-Eppinger. Pengujian produk dilakukan untuk mengukur cemaran mikroplastik pada air laut dan mengevaluasi formulasi produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prioritas atribut *customer needs* meliputi kokoh, praktis, dan produk dari sampah tertolak. Sementara itu, prioritas atribut respons teknis meliputi perancangan komponen modular, penambahan resin untuk kekuatan, penggunaan plastik PET, dan penggabungan biochar. Konsep desain produk terpilih adalah konsep desain modular yang dilengkapi fitur rumah ikan. Hasil uji cemaran mikroplastik menunjukkan fakta bahwa air laut yang digunakan dalam penelitian sejak awal sudah mengandung cemaran mikroplastik dan terjadi tren penurunan cemaran mikroplastik pada air laut, bertentangan dengan hipotesis penelitian yang memperkirakan tren kenaikan cemaran. Terdapat dua teori yang mungkin bisa menjelaskan hal tersebut terjadi yaitu teori peluang dan teori penciptaan mikroplastik. Hal ini menunjukkan bahwa produk Coralify tidak terbukti menyebabkan cemaran mikroplastik. Sementara itu, uji beda menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar formulasi, sehingga seluruh formulasi dapat digunakan untuk pembuatan produk Coralify.

Kata kunci: *biochar, terumbu karang buatan, limbah plastik, mikroplastik.*

ABSTRACT

Plastics are widely used due to their malleability, but their waste causes environmental problems, such as microplastic pollution. On the other hand, coral reef damage frequently occurs due to human activities and natural phenomena. This research aims to develop an artificial coral reef product named Coralify, made from plastic waste, biochar, and resin, using the six-phase product design and development process by Ulrich-Eppinger. Product testing was conducted to measure microplastic contamination in seawater and evaluate product formulations. The research results indicate that priority customer needs attributes include sturdy, practical, and waste-rejected products. Meanwhile, the priority technical response attributes include modular component design, the addition of resin for strength, the use of PET plastic, and the incorporation of biochar. The selected product design concept is a modular design equipped with a fish house feature. Microplastic contamination tests showed that the seawater used in the research initially contained microplastic contamination, and there was a downward trend in microplastic contamination in the seawater, contrary to the initial hypothesis predicting an upward trend in contamination. Two hypotheses could potentially explain this: the probability theory and microplastic creation theory. This indicates that Coralify does not significantly contribute to microplastic pollution. Meanwhile, the difference test showed no significant differences among formulations, thus all formulations can be used for the production of Coralify.

Keyword: *biochar, artificial coral reef, plastic waste, microplastic.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Produk berbahan plastik saat ini sering digunakan oleh manusia untuk kebutuhan dalam kehidupan manusia. Karena tahan lama dan murah, plastik sering digunakan untuk membuat berbagai produk dengan berbagai bentuk, ukuran, warna, dan motif yang menarik (Khoirunnisa & Kadarohman, 2022; Suyadi et al., 2020). Plastik banyak digunakan dalam kemasan makanan dan minuman karena tahan lama, efisien, dan ekonomis. Plastik pada awalnya sangat membantu manusia. Namun, karena kuat dan sulit terurai, plastik memiliki dampak jangka panjang. Penelitian menunjukkan butuh 10-200 tahun agar plastik terurai secara alami. Hal ini jelas dapat berdampak pada lingkungan baik di daratan maupun lautan (Iqbal & Hamzah, 2024; Khorunnisa & Kadarohman, 2022).

Indonesia merupakan negara kedua terbesar penyumbang sampah plastik (World Economy Forum, 2021; Zumira & Surtikanti, 2023). Data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menunjukkan bahwa pada tahun 2023, timbunan sampah mencapai 38.795.897,60 ton per tahun. Pengurangan sampah hanya sebesar 13,67%, dengan penanganan sampah sebesar 48,45%. Sampah yang terkelola mencapai 62,13%, sedangkan yang tidak terkelola mencapai 37,87%. Sampah plastik menduduki peringkat kedua terbesar setelah sisa makanan, yaitu 19,19% atau sekitar 7.444.932,75 ton per tahun (SIPSN, 2023). Penelitian lain menunjukkan bahwa plastik, yang murah dan sering digunakan manusia, menyumbang 60%-80% sampah di Samudra Pasifik. Diperkirakan pada tahun 2025, rasio jumlah plastik di lautan akan sebanding dengan ikan, dengan perkiraan 1:3 (Ilyasa, 2020). Sampah plastik berdampak signifikan secara finansial bagi Indonesia. Menurut Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), kerugian ekonomi mencapai Rp 225 triliun per tahun, mencakup sektor maritim, kelautan, dan perikanan (BRIN, 2024). Penelitian lain menyatakan bahwa limbah plastik di laut lebih mematikan daripada di darat. Hewan laut sering memakan plastik karena terlihat seperti makanan. Plastik yang tidak tercerna akan menyumbat saluran pencernaan dan menyebabkan kematian. Sampah plastik di laut seiring berjalan waktu akan terpecah dan menjadi mikroplastik (< 5 mm), yang masuk rantai makanan

melalui biota laut. Plastik ini berakhir di perut burung laut, ikan, dan penyu. Selain itu, bahan beracun dalam plastik terurai di air dan menyebar di permukaan laut. Racun ini dapat terakumulasi dalam lemak hewan, mengganggu sistem endokrin, menekan kekebalan tubuh, dan menurunkan reproduksi. Jika dibiarkan, akan terjadi kerusakan lingkungan yang lebih parah (Carpenter & Smith, 1972; Hasibuan, 2016; Sandra & Radityaningrum, 2021).

Terumbu karang merupakan ekosistem perairan yang dihuni oleh berbagai organisme yang berasosiasi dengan karang dan berperan dalam pembentukan zat kapur. Ekosistem ini terbentuk melalui aktivitas polip karang yang menghasilkan kalsium karbonat, menciptakan struktur yang menjadi habitat bagi beragam biota laut (Jean-André de Peyssonnel, 1744). Terumbu karang berperan sebagai rumah alami bagi ikan dan biota laut serta berfungsi sebagai pemecah ombak dan pelindung pantai dari badai. Ekosistem ini umumnya ditemukan di perairan dangkal, seperti gugusan pulau dan paparan benua di wilayah tropis. Keberadaan terumbu karang memberikan manfaat bagi masyarakat pesisir, terutama nelayan, karena menjadi habitat bagi berbagai jenis ikan bernilai ekonomis tinggi (Uar et al., 2016).

Sejak 2009, bumi telah kehilangan sekitar 14% terumbu karang akibat bleaching massal dan berbagai tekanan lingkungan. Para ilmuwan memperkirakan bahwa jika pemanasan global tidak dibatasi di bawah 1,5°C, hingga 90% terumbu karang dapat hilang pada tahun 2050. Kehilangan ini akan berdampak besar pada ekosistem laut, keanekaragaman hayati, serta masyarakat yang bergantung pada terumbu karang untuk sumber daya dan perlindungan pesisir (ICRRI, 2021). Kerusakan terumbu karang terjadi karena dua faktor utama yaitu alam dan manusia. Faktor alam meliputi perubahan suhu air laut, iklim global, topan, gempa bumi, letusan gunung berapi, predator, dan penyakit, sedangkan faktor manusia mencakup aktivitas perikanan, penangkapan ikan hias, pengambilan kerang dan udang dengan bahan peledak atau kimia beracun seperti sianida dan potasium, arus listrik, dan eksploitasi ekosistem terumbu karang (Uar et al., 2016). Terumbu karang juga dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan pondasi rumah. Dampak dari faktor manusia ini sering kali lebih kronis dan tidak bersifat sementara (Z. Ahmad et al., 2014). Rusaknya terumbu karang akan mengancam kelestarian terumbu karang sebagai ekosistem terumbu karang, ekosistem laut dan pantai. Hal ini akan berdampak pada kondisi sosial dan ekonomi bagi masyarakat yang terancam di daerah tersebut, khususnya bagi nelayan tradisional yang

bergantung pada sumber daya terumbu karang (Z. Ahmad et al., 2014; Uar et al., 2016).

Upaya restorasi alami terumbu karang telah dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan transplantasi karang, *artificial reef*, dan *biorock* (Chandra, 2023; SabdoNugroho et al., 2024; Suciyono, 2023). Meskipun metode restorasi dengan metode *biorock* terbukti lebih cepat dibandingkan dua metode lainnya, namun restorasi alami terumbu karang tetap membutuhkan waktu yang lama. Dibutuhkan waktu hingga 4-20 tahun untuk tumbuh menjadi terumbu karang dewasa. Karena laju pertumbuhan terumbu karang sangat lambat, sehingga diperlukan intervensi rehabilitasi ekosistem terumbu karang agar berfungsi seperti semula (Kusuma et al., 2023; SabdoNugroho et al., 2024).

Terdapat berbagai macam metode pengolahan sampah plastik untuk mengatasi masalah keberlimpahan sampah plastik. Beberapa pemanfaatan sampah plastik menjadi produk yang berguna di antaranya adalah membuat bahan bakar dengan metode pirolisis, membuat *paving block* dengan campuran limbah plastik dan *ecobrick* (Lubis et al., 2022; Sudarno et al., 2021; Widiyasaki et al., 2021). Namun sejauh studi literatur yang dilakukan, tidak terdapat penelitian yang membahas secara spesifik terkait pemanfaatan limbah plastik untuk dijadikan terumbu karang buatan. Penelitian yang paling mirip yaitu membuat terumbu karang buatan dengan plastik seperti *plastic reef cage* atau *coral fort* dan *plastic straps* (Al et al., 2023; Vivier et al., 2021).

Fokus utama dalam penelitian ini adalah inovasi pengolahan limbah plastik yang melimpah dan mencemari lingkungan. Inovasi pengolahan limbah plastik dalam penelitian ini berupa perancangan produk terumbu karang buatan bernama Coralify sebagai inovasi upaya restorasi terumbu karang. Penelitian ini berfokus pada dua masalah utama yaitu keberlimpahan sampah plastik dan kerusakan terumbu karang. Fakta bahwa limbah plastik sangat sulit terurai, akan menjadi keuntungan yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan produk Coralify yang tahan lama. Produk Coralify dirancang dengan fitur rumah ikan yang menyediakan tempat bagi ikan dan biota laut lainnya untuk berlindung dan berkembang biak. Tujuannya adalah memberikan habitat baru tanpa harus menunggu waktu lama yang dibutuhkan untuk restorasi terumbu karang alami. Penciptaan produk Coralify tidak bertujuan untuk menggantikan terumbu karang asli. Sebaliknya, produk ini

dirancang untuk digunakan bersamaan dengan terumbu karang asli, guna mendukung restorasi ekosistem terumbu karang di pesisir pantai.

Namun produk Coralify berpotensi menimbulkan cemaran mikroplastik, karena bahan utama produk ini adalah limbah plastik dan perlakuannya yang dimasukkan ke dalam air laut (Zhang, *et al.* 2019). Oleh karenanya, produk ini harus dipastikan tidak menimbulkan cemaran mikroplastik saat digunakan. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan material biochar sebagai bahan tambahan pada produk Coralify agar tidak menimbulkan cemaran mikroplastik. Biochar digunakan karena berperan efektif sebagai adsorben yang bisa mengendalikan cemaran mikroplastik di dalam air (Mulindwa *et al.*, 2024).

Penelitian ini sejalan dengan lima visi *Sustainable Development Goals* (SDGs) (United Nations, 2015), yaitu tujuan 9 tentang industri, inovasi, dan infrastruktur, tujuan 12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, tujuan 13 tentang penanganan perubahan iklim, inovasi, dan infrastruktur, tujuan 14 tentang lautan dan ekosistem laut, dan tujuan 15 tentang ekosistem daratan.

Perancangan produk Coralify menggunakan konsep enam fase proses perancangan dan pengembangan produk oleh Ulrich-Eppinger. Metode pengujian uji cemaran mikroplastik dilakukan dengan metode gravimetri dan pengujian formulasi produk terbaik dilakukan dengan metode Anova satu arah.

1.2 Tinjauan Pustaka dan Novelty

Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu terkait terumbu karang buatan sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Perbedaan utama penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah jenis material produk terumbu karang dan metode pengembangannya, namun relatif sama dari sisi metode upaya restorasi terumbu karang. Penelitian-penelitian terdahulu menggunakan material besi, beton, plastik jenis PVC, dan karet untuk membuat terumbu karang buatan, sedangkan penelitian ini berfokus pada perancangan produk terumbu karang buatan dari plastik jenis PET dan biochar. Selain itu, penelitian-penelitian terdahulu mengembangkan produk terumbu karang buatan dengan metode *casting* untuk terumbu karang buatan dengan material beton, perakitan untuk terumbu karang dari material plastik PVC, pengikatan untuk terumbu ban (*tire reef*) dan dekontaminasi (*decontamination*) untuk Terumbu kapal karam (*shipwreck reef*). Dalam

penelitian ini perancangan produk Coralify dengan material limbah plastik PET dan biochar menggunakan metode enam fase proses perancangan dan pengembangan produk, QFD, *Casting*, gravimetri, dan Anova. Semua metode ini diperlukan karena produk Coralify merupakan produk kategori baru yang harus dikembangkan dari awal. Hal ini berbeda dengan produk-produk terumbu karang di penelitian terdahulu yang sudah banyak dikembangkan.

Tabel 1. Tinjauan pustaka penelitian terumbu karang buatan

Penulis	Nama Produk		Material Produk					Metode Pengembangan Produk	Metode Restorasi Terumbu Karang
		Besi	Beton	Plastik		Biochar	Karet		
				PVC	PET				
(Sirait et al., 2021)	Terumbu buatan kubus		✓					Casting	Artificial Reef Deployment
(Putra Basir et al., 2019)	Shipwreck Reef	✓						decontamination	Artificial Reef Deployment
(Kusuma et al., 2023)	Terumbu Beton		✓					Casting	Transplantasi Karang
(Al et al., 2023)	Tire Reef						✓	pengikatan	Artificial Reef Deployment
(Al et al., 2023)	Concrete Artificial Reefs		✓					Casting	Artificial Reef Deployment
(Al et al., 2023)	X-shaped PVC Artificial Reefs			✓				Perakitan	Artificial Reef Deployment
(Vida et al., 2024)	Reef Star	✓						Welding	Transplantasi karang
(SabdoNugroho et al., 2024)	Biorock	✓						Wielding dan Wiring	Biorock

Penulis	Nama Produk	Material Produk						Metode Pengembangan Produk	Metode Restorasi Terumbu Karang
		Besi	Beton	Plastik		Biochar	Karet		
				PVC	PET				
Penelitian ini	Coralify				✓	✓		enam fase proses perancangan dan pengembangan produk, QFD, Casting, Gravimetri, dan Anova.	Artificial Reef Deployment

1.3 Perumusan Masalah

Rumusan-rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana spesifikasi, desain dan perancangan tingkat sistem produk Coralify yang telah dikembangkan?
2. Berapa tingkat cemaran mikroplastik pada air laut akuarium yang diberi produk Coralify?
3. Dari formulasi produk Coralify yang telah ditetapkan, formulasi manakah yang paling efektif untuk meminimalkan cemaran mikroplastik pada air laut?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan produk Coralify dengan memanfaatkan limbah plastik, resin dan adsorben biochar dengan metode enam fase perancangan dan pengembangan produk oleh Ulrich-Eppinger.
2. Mengukur cemaran mikroplastik pada air laut yang diakibatkan produk Corallify dengan metode gravimetri.
3. Menentukan formulasi paling efektif dari beberapa formulasi produk Coralify yang telah ditetapkan berdasarkan efektivitasnya dalam meminimalkan cemaran mikroplastik pada air laut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Inovasi pengurangan dan pengolahan limbah plastik menjadi produk terumbu karang buatan.
2. Inovasi produk terumbu karang buatan untuk membantu restorasi ekosistem terumbu karang.

1.6 Batasan Masalah

Terdapat batasan pada penelitian ini, di antaranya:

1. Penelitian ini hanya mencakup pengujian produk dari enam fase proses perancangan dan pengembangan produk oleh Ulrich-Eppinger. Fase yang tidak dilakukan adalah perbaikan produk dan peluncuran produk. Keterbatasan waktu dan biaya menjadi alasan utama pembatasan ruang lingkup penelitian.

2. Jenis limbah plastik yang digunakan adalah PET. Hal ini dikarenakan jenis plastik ini mudah ditemukan dan mudah didaur ulang.
3. Desain utama produk Coralify mengacu pada bentuk terumbu karang jenis *Porites lobata* karena mudah diproduksi dan untuk spesifikasi desain tambahan berasal dari *Voice of the Customer* (VOC). *Porites lobata* dipilih karena strukturnya yang sederhana dan kokoh, memudahkan proses produksi, serta dikenal tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan.