



Pemanfaatan limbah kerang sebagai material kemasan primer lipstick berbasis desain berkelanjutan

Ferry Fernando,^{1*} Marchelia Indriyanti Hutapea,² Kendall Malik³

^{1,2,3} Program Studi Desain Produk, Institut Seni Indonesia Padangpanjang, Indonesia

Abstract

*Conventional plastic-based cosmetic packaging constitutes a substantial contributor to environmental pollution. This investigation examines the application of gonggong shell (*Strombus turturella*) biocomposite as an alternative material for primary lipstick packaging systems. Five material formulations employing varied binding agents (water, chitosan, epoxy, and eco-resin) were systematically evaluated. An optimal eco-resin:shell ratio of 5:8 was determined, exhibiting superior mechanical properties and aesthetic characteristics. Material processing parameters included thermal treatment at 250°C, particle size refinement to 80 mesh (0.177 mm), and precision molding procedures. Packaging dimensions (85-95 mm × 12-14 mm) were determined through anthropometric analysis (50th-95th percentile) and incorporated a push-click-twist actuation mechanism. Bio-PLA material was integrated to augment structural integrity and aesthetic functionality. Three design alternatives were assessed utilizing parameters encompassing form effectiveness, innovation potential, ergonomic performance, and manufacturing feasibility. The final prototype demonstrates successful integration of sustainable material systems with functional performance requirements. This design framework advances environmentally responsible sustainable design principles. The research establishes the viability of shell biocomposite as a viable substitute for conventional petroleum-based plastics, contributing to sustainable transformation in the cosmetics industry.*

Keywords: shell waste, primary plastic packaging, sustainable design, biocomposite materials, cosmetics industry

Abstrak

Kemasan kosmetik berbasis plastik konvensional berkontribusi signifikan terhadap polusi lingkungan. Penelitian ini mengeksplorasi biokomposit cangkang kerang gonggong (*Strombus turturella*) sebagai material alternatif untuk kemasan primer lipstick. Berdasarkan lima formulasi diuji melalui serangkaian eksperimen dengan variasi bahan pengikat (air, *chitosan*, *epoxy*, dan *eco-resin*), ditemukan formula optimal yakni *eco-resin*: kerang dengan perbandingan 5:8 menghasilkan performa optimal dalam kekuatan mekanis dan estetika. Material diproses melalui pemanasan 250°C, kehalusan partikel mencapai 80 mesh (0,177 mm), dan proses pencetakan yang presisi. Desain kemasan (85-95 mm x 12-14 mm) berbasis data antropometri (persentil 50-95%) dengan sistem *push-click-twist*. Selain menggunakan biokomposit terdapat material bio-PLA untuk mendukung kekuatan dan estetika desain produk kemasan. Tiga alternatif desain yang dievaluasi menggunakan parameter efektivitas bentuk, inovasi, ergonomi, dan proses manufaktur. Prototipe final menunjukkan keberhasilan antara material berkelanjutan dan fungsionalitas. Desain produk ini menjadi landasan dalam mendukung desain berkelanjutan yang ramah lingkungan. Penelitian mendemonstrasikan viabilitas biokomposit kerang sebagai substitusi plastik konvensional, berkontribusi dalam industri kosmetik.

Kata kunci: limbah kerang, kemasan primer plastik, desain berkelanjutan, material biokomposit, industri kosmetik

1. Pendahuluan

Industri kecantikan Indonesia mengalami pertumbuhan fenomenal dengan lonjakan jumlah perusahaan kosmetik sebesar 21,9%, dari 913 perusahaan di tahun 2022 menjadi 1.010 perusahaan pada pertengahan 2023 (Kementerian Koordinator

Bidang Perekonomian, 2024). Ekspansi ini menciptakan lanskap retail yang semakin kompleks dengan kehadiran Guardian, Watsons, Sociolla, Sephora, dan berbagai toko kecantikan yang mempermudah akses konsumen terhadap produk kosmetik. Di antara kategori produk kecantikan, lipstick menempati posisi tertinggi dalam

* Corresponding author e-mail : azaliahanessa@gmail.com

hal permintaan konsumen (Statista Research Department, 2024), didorong oleh kebutuhan sehari-hari untuk bibir merona natural dan mobilitas tinggi konsumen.

Namun, pertumbuhan industri kosmetik ini berbanding lurus dengan akumulasi limbah kemasan plastik. United Nations Environment Programme (2021) mencatat bahwa kemasan kosmetik berkontribusi signifikan terhadap 85% limbah plastik laut yang membutuhkan ratusan tahun untuk terurai. Kemasan primer lipstik yakni wadah yang bersentuhan langsung dengan produk dan memenuhi fungsi penahanan, perlindungan, kenyamanan, dan komunikasi (Morrel et al, 2024). Seiring dengan euforia pertumbuhan industri kecantikan, muncul permasalahan lingkungan yang serius, yakni krisis limbah plastik. Industri kosmetik merupakan salah satu kontributor signifikan terhadap akumulasi sampah plastik global (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Hal ini menjadi kontributor utama karena desain multi-material yang sulit didaur ulang dan tingginya frekuensi pembuangan akibat siklus produk yang cepat.

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi material alternatif yang belum dimanfaatkan optimal: limbah cangkang kerang. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan (2025) menunjukkan produksi kerang di Kepulauan Riau mencapai 498 ton pada tahun 2023 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2025), dengan estimasi 84-89% berupa cangkang yang menjadi limbah (Purnamasari et al., 2024). Khususnya kerang gonggong (*Strombus turturella*), ikon kuliner Kepulauan Riau yang tersedia melimpah di restoran *seafood* dari bintang lima hingga kaki lima, menghasilkan volume cangkang signifikan yang saat ini hanya diolah menjadi produk kerajinan bernilai rendah seperti pelapis tempat sabun, bingkai foto, atau hiasan dekoratif.

Cangkang kerang diketahui kaya akan mineral, dengan kandungan kalsium, fosfor, dan mineral lainnya (Marine Biology Institute, 2022). Cangkang kerang memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) hingga 95% dengan karakteristik mekanis yang menjanjikan: *compressive strength* 40-100 MPa, densitas 2.7-2.9 g/cm³, dan *hardness* 3 Mohs (Marine Biology Institute, 2022; Falade et al., 2021) yang dimana secara teoritis setara dengan *thermoplastic* konvensional seperti ABS atau *polypropylene*. Namun, aplikasi cangkang kerang sebagai material struktural utama ($\geq 50\%$ komposisi) untuk kemasan kosmetik premium yang memenuhi standar estetika, fungsionalitas, dan keamanan produk masih sangat terbatas dalam literatur.

Beberapa penelitian berupaya memanfaatkan limbah kerang tersebut menjadi produk yang memiliki nilai kebermanfaatan, seperti produk kerajinan cinderamata (Musapana & Amalia, 2020; Abubakar et al, 2021; Al Islamiyah et al, 2021; Mahendra et al, 2023), *home accessories* (Jayadi & Prasetya, 2017), campuran semen untuk *paving block* (Ghozali, 2018; Setyoningrum & Saefudina, 2024), campuran aspal (Putra, 2020; Sitompul et al, 2024; Suhendra et al, 2025), campuran beton (Nika et al, 2019; Abdillah et al, 2023).

Dari beberapa penelitian tersebut, belum ada yang yang fokus pada pengembangan manfaat kerang untuk material dasar kemasan lipstik. Sehingga penelitian ini memiliki potensi dan peluang dengan mengembangkan biokomposit berbasis limbah kerang gonggong sebagai material dominan ($\geq 50\%$) untuk kemasan primer lipstik, mengintegrasikan tiga dimensi: (1) *material science* (optimalisasi formulasi dengan kekuatan mekanis ≥ 30 MPa), (2) *product design* (kemasan ergonomis berbasis antropometri wanita Indonesia), dan (3) *sustainability* (desain modular untuk ekonomi sirkular). Desain produk dapat membantu perkembangan bisnis, penjualan produk yang meningkat, hal ini juga turut membantu sebuah bisnis untuk terus berkembang mencapai tujuan bisnisnya (Hashmicro, 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi formulasi optimal biokomposit cangkang kerang gonggong dengan bahan pengikat ramah lingkungan melalui eksperimen sistematis yang mengevaluasi variasi rasio material dan bahan pengikat, serta mengembangkan desain kemasan primer lipstik yang ergonomis, estetis, dan fungsional berbasis data antropometri dan preferensi konsumen target. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan memvalidasi kelayakan teknis dan performa keberlanjutan kemasan biokomposit kerang sebagai alternatif substitusi plastik konvensional dalam industri kosmetik Indonesia.

2. Metode

Penelitian ini menerapkan metodologi yang berfokus pada proses desain dan pengembangan produk dengan pendekatan keberlanjutan. Tahap awal dimulai dengan studi eksplorasi dan literatur untuk mengidentifikasi potensi dan karakteristik limbah kerang sebagai material alternatif, serta mempelajari persyaratan teknis dan estetika untuk kemasan primer lipstik. Selain itu, dilakukan pendalaman mengenai prinsip-prinsip desain berkelanjutan yang akan

menjadi panduan utama dalam proses perancangan. Penelitian ini menerapkan metodologi *Research through Design* (RtD) dengan pendekatan eksperimental untuk mengembangkan material biokomposit berbasis limbah cangkang kerang sebagai alternatif kemasan primer lipstick berkelanjutan. Proses penelitian terdiri dari empat tahap utama: studi pendahuluan, eksperimentasi material, pengembangan desain prototipe, dan evaluasi komprehensif. Cangkang kerang gonggong (*Strombus turturella*) yang diperoleh dari limbah pasar ikan lokal Kepulauan Riau dibersihkan dari sisa jaringan organik dan dicuci menggunakan air bersih. Proses pemanggangan dilakukan pada suhu 250°C selama 1 jam menggunakan alat pemanas seperti oven untuk menghilangkan kandungan organik dan meningkatkan stabilitas termal. Cangkang hasil pemanggangan dihaluskan menggunakan ball mill dan diayak dengan mesh 80 (ukuran partikel $\approx 0,177$ mm) untuk memastikan keseragaman distribusi partikel dalam matriks komposit.

Eksperimen dilakukan dengan variasi komposisi matriks pengikat dan *filler* cangkang kerang untuk mengidentifikasi formulasi optimal. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: (1) jenis bahan pengikat (air, *chitosan*, *epoxy resin*, *eco-resin*), (2) rasio komposisi serbuk kerang harus lebih besar dari pada komponen pengikat. Variabel terikat yang diukur meliputi: keberhasilan formulasi perekatan (tidak menjadi bubuk melainkan solid), kekuatan jatuh dari 1 meter dan kualitas permukaan (tekstur dan estetika visual).

Setelah memperoleh pemahaman yang memadai, dilakukan eksperimentasi material. Tahapan ini dilanjutkan dengan proses perancangan dan pembuatan prototipe yang berfokus pada pengembangan konsep kemasan lipstick yang inovatif. Desain harus mempertimbangkan aspek fungsionalitas (kemudahan penggunaan mekanisme lipstick), ergonomi (kenyamanan saat digenggam dan digunakan), estetika (daya tarik visual yang sesuai dengan target pasar kosmetik), minimalisasi dampak lingkungan (penggunaan material yang efisien, pengurangan limbah produksi), dan pertimbangan akhir masa pakai produk (potensi daur ulang atau biodegradabilitas).

Dalam perancangan kemasan kosmetik, aspek preferensi target konsumen menjadi pertimbangan penting, dimana bentuk yang cenderung bulat atau tidak kaku seringkali lebih disukai oleh konsumen wanita. Selain itu, kemudahan penggunaan seperti mekanisme buka-tutup yang intuitif dan kemudahan dibawa, serta penggunaan bahan yang ringan dan

tidak berinteraksi negatif (mengkontaminasi) dengan isi produk lipstick merupakan faktor penting (Cosmetics Design Research, 2023).

3. Hasil dan pembahasan

Pendekatan desain ini menggunakan material biokomposit yang memanfaatkan limbah cangkang kerang sebagai bahan utama. Proses pembuatannya meliputi penggilingan cangkang kerang menjadi serbuk halus, pencampuran dengan resin alami, dan pembentukan produk melalui teknik *molding*. Tahap pengembangan mencakup penelitian formulasi komposit untuk menemukan perbandingan yang tepat antara serbuk cangkang kerang dengan bahan lainnya yang telah diperlakukan sama yakni curing maksimal 48 jam, serta uji ketahanan dengan dijatuhkan dari ketinggian 1 meter. Lalu pada strategi desain modular diimplementasikan dengan memisahkan elemen utama kemasan (wadah lipstick dari material komposit kerang) dan bagian fungsional (sistem mekanisme berbahan PLA).

Eksperimen

Berdasarkan serangkaian eksperimen yang telah dilakukan untuk mengembangkan material komposit berbahan dasar cangkang kerang, dapat disimpulkan bahwa proses penelitian ini mengalami berbagai tantangan dalam mencapai formulasi yang optimal. Eksperimen dimulai dengan berbagai variasi komposisi bahan, mulai dari penggunaan air sebagai pengikat sederhana hingga aplikasi resin yang lebih kompleks seperti *epoxy*, *eco-resin*, dan *chitosan* (Tabel 1). Setiap formulasi diuji dengan rasio yang berbeda-beda untuk menemukan kombinasi terbaik antara serbuk cangkang kerang dan bahan pengikat.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tidak semua formulasi berhasil menghasilkan komposit yang memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Beberapa percobaan mengalami kegagalan, terutama pada eksperimen dengan rasio air:kerang (1:3) (Gambar 1) dan eksperimen dengan *chitosan* (Gambar 2). Kegagalan ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakseimbangan rasio bahan, proses pencampuran yang kurang optimal, atau karakteristik bahan pengikat yang tidak sesuai dengan sifat serbuk cangkang kerang.

Eco-resin dianggap lebih ramah lingkungan daripada *epoxy* konvensional karena perbedaan mendasar dalam sumber bahan baku dan siklus akhir produknya. *Epoxy* tradisional adalah resin sintetis turunan petrokimia yang sepenuhnya bergantung pada

Tabel 1. Rasio material yang digunakan

Sampel	Bahan	Perbandingan	Keterangan
1	air: kerang	1:3	Gagal tidak menyatu
2	<i>chitosan</i> :air: kerang	2:2:1	Gagal tidak menyatu
3	air: cuka: <i>chitosan</i> : kerang	1:1:1:3	Gagal tidak menyatu
4	air: cuka: <i>chitosan</i> : kerang	1:1:5:5	Gagal tidak menyatu
5	air: cuka: <i>chitosan</i> : kerang	1:1:5:10	Gagal tidak menyatu
6	air: cuka: <i>chitosan</i> : <i>eco-resin</i> : <i>epoxy</i> : kerang	1:1:1:2:2:7	Tidak kuat
7	<i>eco-resin</i> : <i>epoxy</i> : kerang	4:1:5	Kurang estetika
8	<i>eco-resin</i> : <i>epoxy</i> : kerang	1:1:1	Kurang estetika
9	<i>epoxy</i> : kerang	1:1	Kurang ramah lingkungan
10	<i>epoxy</i> : kerang	1:5	Tidak kuat
11	<i>eco-resin</i> : kerang	1:2	Tidak kuat
12	<i>eco-resin</i> : kerang	1:5	Kurang kuat
12A	<i>eco-resin</i> : kerang	2:3	Kurang kuat
12B	<i>eco-resin</i> : kerang	5:8	Paling baik
12C	<i>eco-resin</i> : kerang	5:3	Kurang ramah lingkungan

(Sumber: Dokumentasi Penulis)

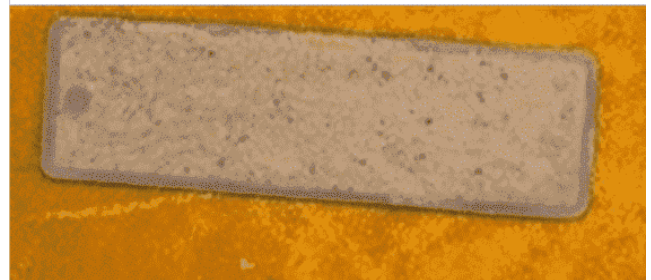
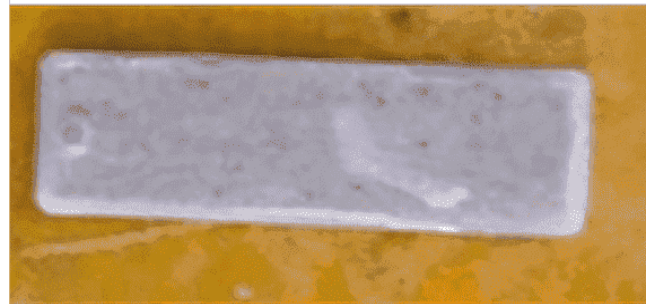
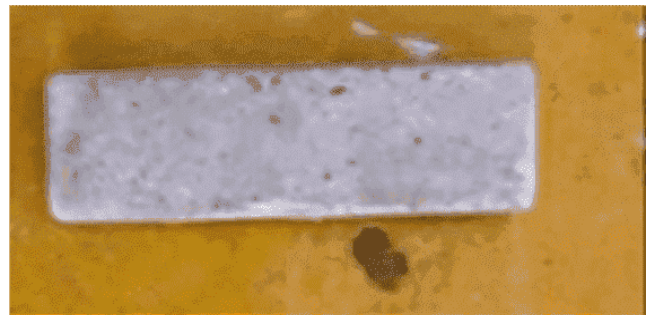


Gambar 1. Eksperimen dengan air dan kerang
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 2. Eksperimen dengan *chitosan*: kerang: air
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

bahan baku fosil, berkontribusi pada penipisan sumber daya alam dan jejak karbon yang tinggi. Sebaliknya, *eco-resin* diformulasikan menggunakan



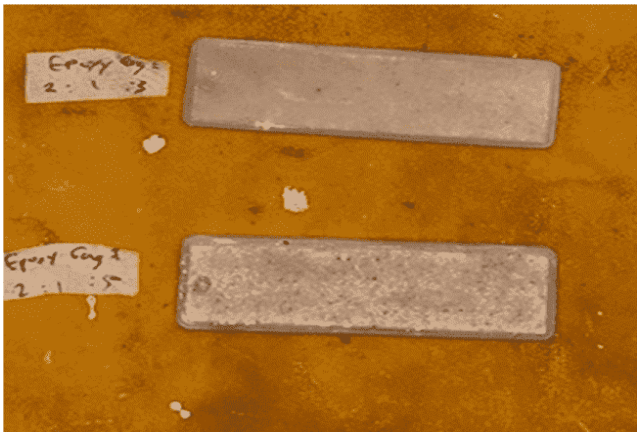
Gambar 3. Eksperimen dengan air: cuka: *chitosan*: kerang
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 4. Eksperimen dengan kerang: *chitosan*: cuka: *eco-resin*: air: *epoxy*
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 5. Eksperimen dengan *eco-resin: epoxy: kerang*
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 6. Eksperimen dengan *epoxy* dan kerang
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 7. Eksperimen dengan *eco-resin* dan kerang
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 8. Eksperimen ketiga formula sementara ke dalam desain
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 9. Eksperimen dengan *eco-resin:kerang*
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

proporsi yang signifikan dari bahan baku terbarukan atau berbasis hayati (*bio-based*), seringkali berasal dari minyak nabati atau limbah pertanian, yang secara efektif mengurangi permintaan akan minyak bumi.

Selain itu, banyak *eco-resin* didesain agar dapat terurai secara alamiah (*biodegradable*) atau memiliki potensi dekomposisi yang lebih cepat di lingkungan dibandingkan *epoxy* yang sangat stabil, sehingga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan mengurangi akumulasi sampah anorganik. Berdasarkan eksperimen sementara maka akan digunakan formula *eco-resin* 4 : *epoxy* 1: kerang 5, *eco-resin* 1: *epoxy* 1: kerang 1, dan *eco-resin* 1 : kerang 5. Lalu, pentingnya menggunakan ketiga formula sementara ini ke dalam desain agar menyesuaikan kekuatan terhadap produk yang dibuat.

Lalu, pada eksperimen berikutnya saat formula dijadikan dalam desain, maka terjadi perubahan di mana ketiga formula tersebut tergolong gagal karena memiliki ketebalan dan bentuk yang berbeda. Oleh karena itu, penting untuk mencoba formula baru tetapi tetap berdasarkan material yang sama dengan ketiga formula sementara tersebut.

Eksperimen dengan menggunakan kombinasi *eco-resin:epoxy:kerang* menunjukkan kemajuan signifikan dalam pengembangan material komposit. Formulasi dengan rasio yang lebih kompleks ini kurang bagus karena massa jenis *epoxy* dan *eco-resin* serta komposit yang berbeda-beda membuat hasil akhirnya tidak memiliki estetika karena tidak tercampur dengan baik.

Meskipun menghadapi beberapa kegagalan, eksperimen berhasil mengidentifikasi formulasi yang menunjukkan hasil positif. Kombinasi *eco-resin* dengan kerang pada rasio 5:8 terbukti efisien dan menghasilkan komposit dengan kekuatan yang memadai (Gambar 9). Formulasi ini menunjukkan keseimbangan yang baik antara kemudahan pengerjaan, kekuatan mekanis, dan efisiensi material. Keberhasilan ini mengindikasikan bahwa *eco-resin* memiliki kompatibilitas yang baik dengan serbuk cangkang kerang, memungkinkan terbentuknya ikatan yang kuat.

Meskipun proses optimalisasi formulasi memerlukan banyak *trial* dan *error*, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan pemilihan bahan pengikat yang tepat dan rasio yang sesuai, komposit cangkang kerang dapat menjadi alternatif material yang ramah lingkungan untuk aplikasi kemasan kosmetik. Keberhasilan formulasi tertentu memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut menuju produksi skala yang lebih besar dengan kualitas yang konsisten.

User analysis

Target pengguna produk tentunya adalah wanita dewasa, yakni usia 20-45 tahun. Hal ini dapat menjadi pertimbangan terhadap bagaimana kesibukan dan selera pengguna yang menentukan latar belakang suatu desain dapat terpilih. Karakteristik para pengguna dipengaruhi oleh kondisi psikologis. Oleh karena itu, target penggunaannya adalah seorang wanita *beauty enthusiast*. Hal ini berkaitan dengan kegemaran dan kesukaan dalam membeli produk kecantikan karena memiliki kepedulian yang cukup tinggi dalam merawat diri dan terlihat cantik. Berdasarkan hasil observasi, didapatkan bahwa dominan diantara 200 wanita usia 20-45 tahun yang ditanya, mereka cenderung memilih bentuk yang minimalis dan memiliki geometri.

Selain faktor usia dan preferensi estetika, target pengguna ini juga memiliki karakteristik khusus dalam hal perilaku konsumsi. Wanita *beauty enthusiast* pada rentang usia tersebut umumnya memiliki daya beli yang lebih stabil dan cenderung melakukan riset mendalam sebelum membeli produk kecantikan. Mereka tidak hanya mempertimbangkan aspek fungsionalitas produk, tetapi juga nilai estetika kemasan dan *brand image* yang ditawarkan. Kesibukan aktivitas sehari-hari membuat mereka mengutamakan produk yang praktis namun tetap berkualitas, sehingga desain yang sederhana namun elegan menjadi pilihan yang tepat untuk menarik perhatian segmen pasar ini.

Term of References

Pengembangan kemasan lipstick berbahan biokomposit cangkang kerang ini didasarkan pada konsep desain yang mengutamakan keberlanjutan lingkungan tanpa mengorbankan aspek fungsional dan estetika. Pertimbangan utama dalam perancangan adalah menciptakan produk yang ramah lingkungan sehingga dapat memberikan manfaat positif ketika dibuang, sekaligus mempertahankan karakteristik minimalis yang elegan dan mewah. Pendekatan ini sejalan dengan tren konsumen moderen yang semakin

sadar akan dampak lingkungan dari produk kosmetik yang mereka gunakan.

Filosofi desain yang diterapkan menekankan pada kenyamanan pengguna melalui ergonomi yang optimal dan pengalaman visual yang tidak monoton. Setiap elemen desain dirancang untuk memberikan sensasi premium saat digunakan, mulai dari tekstur permukaan hingga mekanisme bukaan kemasan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa produk berkelanjutan tidak dipersepsikan sebagai produk dengan kualitas yang lebih rendah dibandingkan kemasan konvensional berbahan plastik atau logam.

Dari segi konsep material, batasan desain yang ditetapkan adalah menciptakan kemasan yang cocok untuk penggunaan sehari-hari oleh wanita yang mengutamakan tampilan elegan. Kemasan harus memiliki tekstur yang memberikan kesan natural namun tetap moderen, dengan komposisi warna yang



Gambar 10. Moodboard
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 11. Analisa kompetitor dengan chart
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

mencerminkan karakteristik khusus dari material cangkang kerang. Pemilihan warna dan *finishing* dirancang untuk menonjolkan keunikan material daur ulang sambil tetap mempertahankan daya tarik visual yang kompetitif di pasar kosmetik premium.

Aspek teknis yang menjadi batasan utama adalah mempertahankan kuantitas komposisi cangkang kerang yang signifikan dalam formulasi material, berbeda dengan pendekatan material lain yang mungkin hanya menggunakan limbah sebagai filler dalam jumlah minimal. Komitmen ini memastikan bahwa produk benar-benar memanfaatkan limbah cangkang kerang secara maksimal, sehingga memberikan dampak lingkungan yang nyata melalui pengurangan limbah organik dan substitusi material konvensional yang lebih berdampak negatif terhadap lingkungan.
















Competitor analysis

Terdapat beberapa produk yang sudah menggunakan material daur ulang sebagai komponen daya tarik kemasan. *Brand-brand* ini memahami bahwa konsumen modern tidak hanya mencari kualitas produk yang baik, tetapi juga nilai-nilai kesadaran lingkungan yang tercermin dalam kemasan *brand* tersebut. Di sisi lain, beberapa *brand* masih mendominasi segmen produk lipstick dengan kemasan konvensional yang belum mengadopsi material daur ulang secara signifikan.

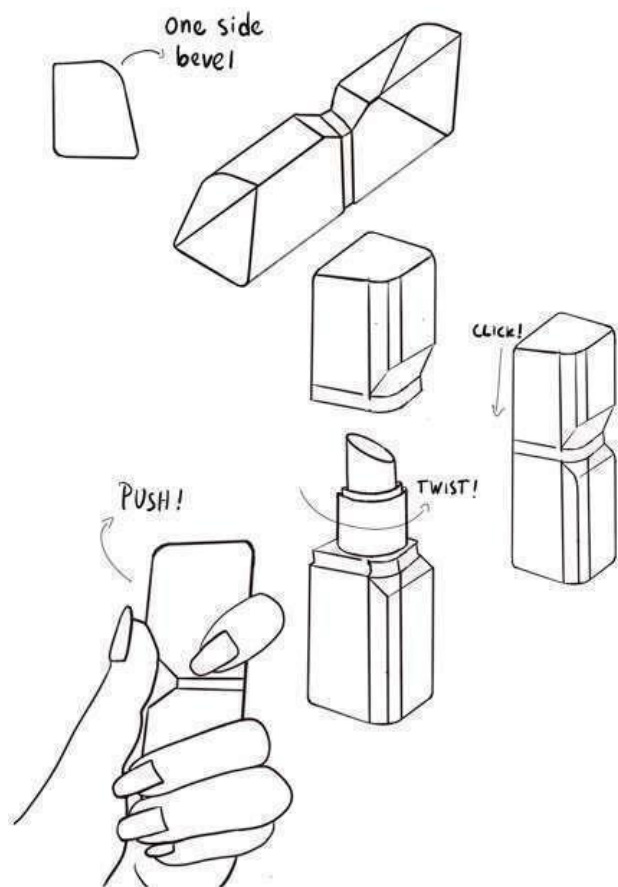
Analisis kompetitor ini mengungkapkan bahwa terdapat peluang strategis yang signifikan untuk mengembangkan kemasan lipstick berbahan biokomposit cangkang kerang. Dengan memposisikan produk pada titik temu antara material daur ulang dan produk lipstick, inovasi kemasan berkelanjutan ini dapat mengisi celah pasar yang belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh pesaing yang ada saat ini. Kekhasan material cangkang kerang sebagai bahan dasar dapat menjadi pembeda yang kuat, terutama ketika dipadukan dengan rancangan yang tidak mengesampingkan aspek kemewahan dan kinerja yang diharapkan konsumen dari produk kosmetik premium. Gambar 11 merupakan bagan analisis kompetitor.

Analisis alternatif desain

Kebutuhan manusia tidak lepas dari pada produk. Ada banyak hal yang dapat dirancang atau didesain. Misalnya transportasi, pakaian, dan lainnya. Dalam Kamus Mode Indonesia dijelaskan bahwa desain merupakan rancangan, bentuk, atau gambar yang dibuat untuk menunjukkan tampilan dan rupa suatu busana atau objek lainnya, sebelum dibuat atau

3 Desain Alternatif			
Parameter			
Efektivitas Bentuk			
Inovasi			
Ergonomi			
Kemudahan Produksi			

Gambar 12. Penilaian sketsa alternatif
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 13. Sketsa desain final
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

diproduksi (Irma Hardisurya, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa desain berkaitan juga dengan proses kreatif untuk membuat suatu produk. Satu

benda yang sama dapat memiliki desain yang berbeda karena faktor-faktor yang telah dipertimbangkan oleh desainer itu sendiri, misalnya target pasar dan urgensi kebutuhan penggunaannya.

Dalam proses pengembangan kemasan lipstick berbahan biokomposit cangkang kerang, dilakukan evaluasi terhadap tiga desain alternatif yang memiliki karakteristik dan keunggulan masing-masing. Setiap alternatif desain dievaluasi berdasarkan lima parameter utama yang mencakup efektivitas bentuk, inovasi, ergonomi, kemudahan produksi, dan aspek visual estetika. Metodologi penilaian menggunakan skala lingkaran penuh (nilai maksimal), tiga perempat lingkaran, setengah lingkaran, dan seperempat lingkaran untuk merepresentasikan tingkat pencapaian setiap parameter pada masing-masing alternatif desain.

Alternatif rancangan pertama menunjukkan kinerja yang konsisten dengan pencapaian nilai tinggi pada sebagian besar parameter evaluasi. Rancangan ini memperoleh nilai maksimal pada aspek efektivitas bentuk dan inovasi, menunjukkan bahwa konsep desain mampu mengoptimalkan fungsi kemasan sambil memberikan unsur kebaruan yang signifikan. Namun, pada parameter ergonomi dan kemudahan produksi, rancangan ini menunjukkan nilai yang lebih moderat, mengindikasikan adanya ruang untuk perbaikan dalam hal kenyamanan penggunaan dan kompleksitas proses manufaktur.

Alternatif rancangan kedua memperlihatkan distribusi nilai yang berbeda dengan kekuatan utama pada aspek ergonomi dan kemudahan produksi. Rancangan ini tampaknya mengutamakan pengalaman pengguna dan efisiensi manufaktur, namun mengorbankan sebagian aspek inovasi dan kemudahan produksi. Pola evaluasi ini menunjukkan bahwa rancangan kedua lebih fokus pada aspek praktis dan fungsional, dengan pendekatan yang lebih konservatif dalam hal eksplorasi bentuk dan fitur inovatif.

Alternatif rancangan ketiga menunjukkan keseimbangan yang optimal di antara semua parameter yang dievaluasi, dengan pencapaian nilai tinggi secara konsisten pada efektivitas bentuk, inovasi, ergonomi, dan kemudahan produksi. Rancangan ini tampaknya berhasil mengintegrasikan aspek-aspek kunci yang dibutuhkan untuk kemasan lipstick berkelanjutan yang sukses di pasar. Berdasarkan analisis komparatif ini, alternatif rancangan ketiga memiliki potensi terbaik untuk dikembangkan lebih lanjut karena mampu menyeimbangkan antara inovasi material biokomposit, fungsionalitas produk, dan kelayakan

produksi yang diperlukan untuk implementasi komersial yang berhasil. Analisis penilaian alternatif-alternatif desain ditunjukkan Gambar 12.

Desain final

Desain final kemasan lipstick berbahan biokomposit cangkang kerang ini mengadopsi sistem mekanis yang unik dengan pendekatan modular yang memisahkan komponen struktural dan fungsional. Kemasan dirancang dengan *body* utama berbentuk persegi panjang yang terbuat dari material biokomposit cangkang kerang, memberikan kesan natural namun tetap premium. Sistem pembukaan menggunakan mekanisme "*one side bevel*" yang memungkinkan kemasan terbuka dengan cara digeser ke satu sisi, menciptakan pengalaman *unboxing* yang berbeda dari kemasan lipstick konvensional yang umumnya menggunakan sistem tutup atas atau *twist*.

Fitur utama yang menjadi keunggulan desain ini adalah sistem mekanis tiga tahap yang sederhana namun efektif. Tahap pertama adalah "*push*" dimana pengguna menekan bagian tertentu pada kemasan untuk mengaktifkan mekanisme internal. Tahap kedua "*click*" memberikan umpan balik sentuhan yang memastikan sistem telah terpasang dengan benar, sementara tahap ketiga 'putar' memungkinkan lipstick keluar dari rumahnya. Kombinasi gerakan tekan-klik-putar ini tidak hanya memberikan pengalaman yang menyenangkan bagi pengguna, tetapi juga memastikan lipstick terlindungi dengan baik saat tidak digunakan dan mudah diakses saat diperlukan.

Aspek ergonomis rancangan ini telah dipertimbangkan dengan cermat melalui studi antropometri, di mana ukuran dan bentuk kemasan disesuaikan dengan genggam tangan wanita dewasa. Bentuk persegi panjang dengan sudut yang sedikit membulat memberikan cengkeraman yang nyaman dan tidak mudah tergelincir saat digunakan. Posisi jari saat memegang kemasan, sebagaimana ditunjukkan dalam ilustrasi, memungkinkan operasi satu tangan yang lancar dan intuitif. Tekstur permukaan dari material biokomposit juga memberikan sensasi mewah yang berbeda dari kemasan plastik konvensional, menciptakan keterikatan emosional antara pengguna dan nilai keberlanjutan produk.

Integrasi antara material berkelanjutan dan sistem mekanis yang canggih menjadikan rancangan ini sebagai solusi komprehensif untuk kemasan kosmetik masa depan. Pemisahan komponen utama (badan dari biokomposit) dan komponen mekanis (dari PLA yang dapat didaur ulang) memungkinkan pengelolaan akhir masa pakai yang lebih baik, di mana setiap material

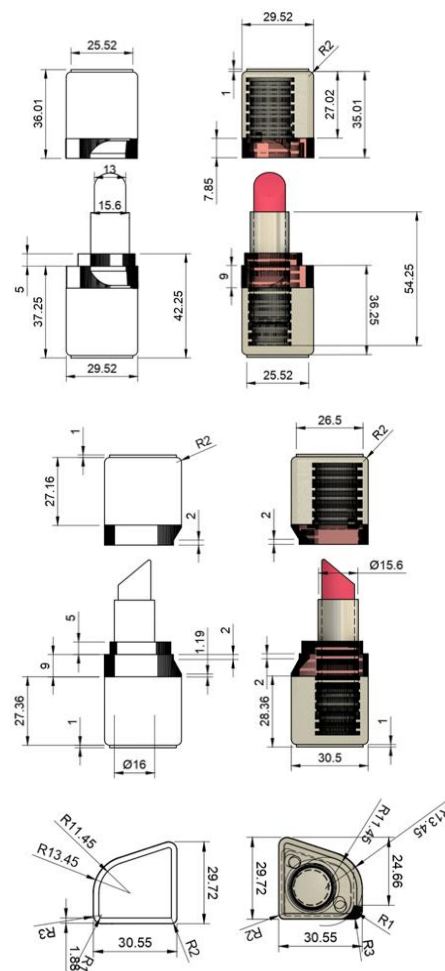
dapat diproses sesuai dengan karakteristik daur ulangnya masing-masing. Rancangan ini tidak hanya memenuhi aspek fungsional dan estetika, tetapi juga menjawab kebutuhan pasar akan produk kosmetik yang bertanggung jawab secara lingkungan tanpa mengorbankan pengalaman pengguna dan citra merek mewah yang diharapkan konsumen moderen.

Konsep Produk

Kata “Khepri” berasal dari bahasa Mesir yang artinya berkaitan dengan 'transformasi', 'menciptakan', 'mengembangkan', dan 'pembaharuan kehidupan'. Dalam mitologi Mesir, Khepri adalah dewa yang melambangkan matahari terbit dan transformasi, digambarkan sebagai kumbang scarab yang mendorong bola matahari melintasi langit, mewakili siklus pembaharuan yang tak pernah berakhir. “Khepri” (: kepri) juga berarti Kepulauan Riau, yang merupakan provinsi kepulauan yang memiliki beragam jenis kerang. Oleh karena itu, produk ini merupakan transformasi dan ide baru terhadap salah satu kekayaan Kepulauan Riau yakni kerang khususnya kerang gonggong yang menjadi ikon kuliner dan budaya daerah Kepri.

Cangkang kerang yang biasanya menjadi limbah organik ini memiliki potensi besar untuk ditransformasi menjadi material yang bernilai tinggi. Melalui teknologi pencetakan dan pemadatan, material komposit ini dibentuk menjadi kemasan lipstick yang tidak hanya fungsional tetapi juga estetik. Proses ini merupakan wujud konkret dari konsep "transformasi" - mengubah sesuatu yang dianggap limbah menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai. Filosofi transformasi dalam Khepri juga sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan pada pengurangan limbah dan pemanfaatan kembali material. Dari perspektif keberlanjutan lingkungan, Khepri menawarkan solusi inovatif yakni pengurangan penggunaan plastik konvensional dalam industri kosmetik. Kemasan yang terbuat dari komposit cangkang kerang gonggong ini memiliki karakteristik yang ramah lingkungan karena dapat terurai secara alami, berbeda dengan kemasan plastik konvensional yang membutuhkan ratusan tahun untuk terdekomposisi.

Secara estetika, kemasan Khepri mempertahankan tekstur dan warna alami dari cangkang kerang, memberikan keunikan visual yang membedakannya dari kemasan kosmetik konvensional. Hal ini mencerminkan kearifan lokal dan identitas budaya Kepulauan Riau yang kaya akan sumber daya maritim. Produk Khepri merupakan manifestasi dari *sustainable design* yang menggabungkan inovasi



Gambar 14. *Measurement drawing*
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 15. Foto produk
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

teknologi, pelestarian lingkungan, dan pemberdayaan ekonomi lokal. Melalui transformasi limbah kerang gonggong menjadi kemasan lipstick yang

berkelanjutan atau '*sustainable*', Khepri menjadi simbol pembaharuan dalam industri kecantikan yang lebih bertanggung jawab terhadap alam dan masyarakat. Dalam konteks yang lebih luas, Khepri merepresentasikan paradigma baru dalam desain produk yang tidak hanya mempertimbangkan fungsi dan estetika, tetapi juga dampak lingkungan dan sosial. Seperti filosofi namanya yang berasal dari peradaban Mesir kuno, Khepri menghadirkan transformasi yang berkelanjutan, menciptakan siklus pembaharuan yang memberikan kehidupan baru bagi limbah yang selama ini diabaikan menjadi kemasan produk kecantikan yang ramah lingkungan.

Proses pembuatan

Dalam pengembangan kemasan lipstick berkelanjutan, teknologi 3D printing memainkan peranan fundamental sebagai pemungkin untuk merealisasikan rancangan yang kompleks dan detail. Teknologi ini memberikan keunggulan dalam menghasilkan permukaan yang halus dengan tingkat presisi tinggi, sekaligus menawarkan efisiensi produksi yang optimal untuk manufaktur kelompok. Pemanfaatan 3D *printer* tidak hanya mempercepat proses pembuatan prototipe, tetapi juga memungkinkan iterasi rancangan yang cepat dan hemat biaya dalam tahap pengembangan produk.

Proses dimulai dengan penyesuaian ergonomis menggunakan model 3D yang telah divalidasi melalui studi antropometri. Rancangan cetakan dibuat menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 dan diwujudkan melalui 3D *printer* dengan filamen PLA, yang dipilih karena kesesuaiannya dengan konsep keberlanjutan keseluruhan produk. Persiapan cetakan melibatkan pembersihan menyeluruh dan pengeringan untuk memastikan tidak ada kontaminan yang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir, diikuti dengan penerapan bahan anti lengket menggunakan kuas untuk memfasilitasi proses pelepasan cetakan yang lancar.

Pengolahan cangkang kerang dimulai dengan proses pemangangan dengan alat pemanas seperti oven pada suhu 250°C untuk mengeliminasi kandungan organik dan meningkatkan stabilitas termal material. Hal ini membuat cangkang lebih mudah dijadikan bubuk dan menghindari degradasi cangkang karena dapat merusak estetika. Cangkang yang telah dipanggang kemudian dihaluskan menggunakan kombinasi *mortar* dan *blender* untuk mencapai ukuran partikel yang optimal. Proses penyaringan menggunakan *mesh* 80 (sekitar 0.177 mm) memastikan konsistensi ukuran partikel yang

akan mempengaruhi kualitas permukaan dan kekuatan mekanis produk akhir. Serbuk cangkang yang telah diproses kemudian dicampur dengan *eco-resin* dalam rasio 10:3 bersama *hardener*, dengan *mixing* yang sempurna untuk mencegah pembentukan gumpalan yang dapat menyebabkan cacat produk.

Tahap penuangan merupakan fase kritis yang menentukan kualitas distribusi material dalam cetakan. Campuran komposit cangkang kerang dituangkan secara merata sesuai dengan takaran yang telah dikalkulasi berdasarkan volume cetakan, dengan teknik penuangan yang *steady* untuk menghindari pembentukan *void* atau area kosong. Proses perataan menggunakan sendok atau spatula dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan ketebalan yang stabil dan mengoptimalkan kontak antara material dengan permukaan cetakan.

Proses pemadatan dilakukan melalui getaran terkendali atau penekanan sistematis untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap dalam campuran komposit. Teknik ini memastikan bahwa material mengalir dan mengisi seluruh rongga cetakan, terutama pada area dengan geometri yang kompleks atau detail yang halus. Pemadatan yang optimal sangat penting untuk mencegah porositas yang dapat mengurangi kekuatan mekanis dan kualitas estetika produk akhir.

Fase pengerasan selama 24 jam merupakan periode kritis di mana terjadi proses sambung silang antara matriks resin dan pengisi cangkang kerang. Selama periode ini, cetakan beserta material harus dijaga dalam kondisi stabil tanpa guncangan atau paparan kelembaban yang dapat mengganggu proses polimerisasi. Pengendalian lingkungan yang tepat selama fase ini menentukan kualitas akhir produk, termasuk kekuatan mekanis, stabilitas dimensi, dan karakteristik permukaan.

Setelah periode pengerasan 24 jam, produk dikeluarkan dari cetakan dengan teknik pelepasan cetakan yang hati-hati untuk mencegah kerusakan pada detail-detail halus. Inspeksi kualitas dilakukan untuk memastikan produk telah mencapai tingkat kekerasan dan kekeringan yang optimal. Proses penyelesaian dengan pengamplasan menggunakan gradasi amplas yang sesuai tidak hanya menghaluskan permukaan yang kasar atau tidak rata, tetapi juga menciptakan tekstur akhir yang mengkilap dan nyaman untuk digenggam. Tahap penyelesaian ini memastikan bahwa kemasan memiliki kualitas sentuhan yang mewah dan sesuai dengan harapan pengguna terhadap produk kosmetik berkualitas tinggi (Gambar 15).



Gambar 16. Operasional produk
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Operasional produk

Penggunaan *Khepri* dimulai dengan pengalaman pembukaan yang mencerminkan komitmen terhadap desain berkelanjutan. Kemasan dibuka dengan menekan bagian atas, di mana tekstur biokomposit cangkang kerang memberikan sensasi alami dan mewah, berbeda dari plastik konvensional.

Mekanisme putar (*twist-up*) yang ergonomis dirancang untuk efisiensi produk, memastikan dosis yang terkontrol untuk meminimalkan pemborosan. Setiap penggunaan tidak hanya memberikan pengalaman premium, tetapi juga menjadi afirmasi nilai pengguna terhadap keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan. Pengoperasian mekanisme *twist-up* pada lipstick *Khepri* dirancang untuk memberikan kontrol yang presisi dalam mengeluarkan produk. Putar mekanisme dengan gerakan perlahan dan terkontrol untuk mengeluarkan lipstick secukupnya (Gambar 16), idealnya sekitar 3-4mm dari ujung kemasan. Setelah penggunaan, penutupan yang rapat menjaga kualitas produk. Inti dari operasional produk ini terletak pada desain modularnya, di mana badan utama biokomposit cangkang kerang dipisahkan dari mekanisme internal PLA. Pemisahan ini memfasilitasi pengelolaan akhir masa pakai yang lebih baik, memastikan komponen *biokomposit* (yang dapat terurai) dan *PLA* (yang dapat didaur ulang) diproses secara terpisah sesuai dengan prinsip ekonomi sirkular.

Proses aplikasi lipstick dilakukan dengan tekanan ringan dan merata pada permukaan bibir, memanfaatkan karakteristik unik dari formula yang telah disesuaikan dengan material kemasan berkelanjutan. Setelah aplikasi awal selesai, lakukan penyempurnaan dengan meratakan warna menggunakan gerakan alami bibir untuk memastikan *coverage* dan hasil yang natural. Tahap *finishing* aplikasi ini tidak hanya memastikan distribusi warna yang optimal, tetapi juga memungkinkan pengguna merasakan kualitas premium dari produk yang dikemas dalam material biokomposit cangkang kerang. Secara keseluruhan, kemasan *Khepri* dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan

operasional dan fungsionalitas optimal, dimana mekanisme *twist-up* yang ergonomis dikombinasikan dengan karakteristik unik material komposit kerang menciptakan pengalaman pengguna yang premium dan ramah lingkungan karena terbuat dari bahan alam serta limbah yang bisa didaur ulang menjadi kemasan eksklusif. Bagian lengkungan yang mempermudah jari dalam menekan untuk membuka tidak hanya memberikan kenyamanan, tetapi juga menghadirkan pengalaman baru yang mencerminkan inovasi dalam kemasan kosmetik berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mendemonstrasikan bahwa biokomposit limbah cangkang kerang gonggong (*Strombus turturella*) memiliki potensi yang terukur sebagai material alternatif yang berkelanjutan untuk kemasan primer lipstick, sekaligus menegaskan kontribusinya terhadap pengurangan limbah laut dan penerapan ekonomi sirkular. Secara empiris, formulasi material optimal ditemukan pada perbandingan massa *eco-resin*:serbuk cangkang kerang 5:8, yang menghasilkan biokomposit dengan kandungan kerang hingga 54%. Formula ini menunjukkan performa mekanis dan karakteristik estetika yang superior dibandingkan varian lainnya, ditandai dengan tekstur permukaan yang unik dan stabilitas termal pasca pemrosesan pada 250°C, menjadikannya layak untuk cetak presisi. Meskipun uji kuantitatif langsung belum dilakukan, penggunaan biokomposit dan *bio-PLA* secara inheren menawarkan jejak lingkungan yang jauh lebih rendah dibandingkan kemasan plastik berbasis minyak bumi. Namun, penelitian ini dibatasi oleh ketiadaan uji kuantitatif komparatif (seperti densitas dan laju biodegradasi) produk akhir dengan kemasan plastik konvensional. Oleh karena itu, rekomendasi konkret untuk penelitian lanjutan mencakup uji komparatif kuantitatif (densitas dan stabilitas termal), uji laju biodegradasi formal, dan studi kelayakan produksi massal untuk mengidentifikasi tantangan dan optimalisasi proses manufaktur biokomposit pada skala industri.

Dampak positif dari inovasi ini tidak terbatas pada aspek lingkungan semata, melainkan juga memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi ketergantungan terhadap plastik konvensional yang sulit terurai. Desain kemasan yang memadukan estetika alami dengan fungsionalitas optimal menciptakan proposisi nilai yang kuat bagi konsumen yang mengutamakan produk berkelanjutan tanpa mengorbankan kualitas dan prestise. Karakteristik

unik material cangkang kerang yang memberikan tekstur dan tampilan berbeda dari kemasan plastik konvensional menjadi diferensiasi kompetitif yang dapat menarik perhatian pasar kosmetik premium. Dengan mempertimbangkan tren konsumen yang semakin sadar lingkungan dan pertumbuhan segmen kosmetik premium di Indonesia, produk kemasan lipstick berbahan limbah cangkang kerang ini memiliki potensi besar untuk berkembang dan memberikan dampak positif bagi industri kosmetik nasional serta lingkungan.

Daftar Pustaka

- Abdillah, S. R., Zulfikar, S., & Prima, Y. (2023). Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Krisna*, 9(1), 39-48. <https://doi.org/10.61488/sipilkrisna.v9i1.250>
- Abubakar, S., Kadir, M. A., Serosero, R. H., Subur, R., Widiyanti, S. E., Susanto, A. N., & Rina, R. (2021). Pemanfaatan limbah cangkang kerang untuk produk kerajinan tangan masyarakat pesisir. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4). <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v4i4.1010>
- Al Islamiyah, S., Azis, R., & Engelen, A. (2021). Pemanfaatan limbah cangkang kerang menjadi cinderamata. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 7(1), 41-43. <https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v7i1.9883>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik industri pengolahan Indonesia: Sektor kosmetik 2022-2023*. BPS.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Riau. (2024). *Laporan data ekonomi perikanan dan kelautan Provinsi Kepulauan Riau Semester 1 Tahun 2024*. Pemerintah Provinsi Kepulauan Riau.
- Ellen MacArthur Foundation. (2022). *The new plastics economy: Rethinking the future of plastics & catalysing action*. Ellen MacArthur Foundation.
- Falade, T. C., Andala, D. M., & Adeniyi, A. G. (2021). Mechanical properties and microstructure characterization of snail and oyster shells as reinforcement materials in polymer composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 13, 1227-1239. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.037>
- Ghozali, H. A. (2018). Pengaruh Penggunaan Abu Dasar (Bottom Ash) Pada Paving Block Dengan Campuran Limbah Kerang Sebagai Substitusi Semen. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1/REKAT/18). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/22143>
- Hashmicro. (2022). *6 Fungsi desain produk yang wajib diketahui pelaku bisnis*. Diakses dari <https://www.hashmicro.com/id/blog/fungsi-desain-produk/>
- Irma Hardisurya, N. M. (2019). *Kamus mode Bahasa Indonesia*. PT Kompas Media Nusantara.
- Jayadi, N., & Prasetya, R. D. (2017). Pengembangan desain produk berbahan baku limbah kerang di Bantul. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 3(1), 35-41. <https://doi.org/10.24821/productum.v3i1.1736>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2025). *Data statistik produksi perikanan tangkap laut Kementerian Kelautan dan Perikanan Kepulauan Riau: Laporan tahunan KKP*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2024). *Hasilkan produk berdaya saing global, industri kosmetik nasional mampu tembus pasar ekspor dan turut mendukung penguatan blue economy*. Diakses 5 Desember 2025 dari <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/5626/>
- Mahendra, Y., Asfar, A. H., Ainulhaq, N., Pratiwi, I., Quraysin, I., Riyanto, A., ... & Rohmah, S. (2023). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Alternatif Pembuatan Kerajinan Cinderamata Wisata Pantai Gope Karangantu Banten. *Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti*, 4(4), 744-758. <https://doi.org/10.38048/jailcb.v4i4.2275>
- Marine Biology Institute. (2022). *Mineral composition of Indonesian marine shell waste*. IPB University Press.
- Morel, S., Mura, G., Gallarate, M., & Sapino, S. (2024). Cosmetic packaging: European regulatory aspects and sustainability. *Cosmetics*, 11(4), 110. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11040110>
- Musapana, S., & Amalia, I. R. (2020). Kerajinan limbah cangkang kerang sebagai alternatif pembuatan bros ramah lingkungan Tambakrejo Semarang. *ABDI: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 2(1), 58-66. <https://doi.org/10.24036/abdi.v2i1.54>
- Nika, J. W., Anisah, A., & Saleh, R. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau Dengan Variasi Suhu Pembakaran Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 14(1).
- Putra, A., Mulyono, T., & Chrisnawati, Y. (2020). Kajian parameter marshall dengan menggunakan limbah serbuk kerang hijau sebagai filler campuran lapis aspal beton. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 1-8. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v15i1.18124>
- Setyoningrum, A., & Saefudina, A. (2024). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Paving Block (Literature Review). *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(1), 54-61. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i1.315>
- Sitompul, O. H., Alamsyah, W., & Basrin, D. (2024). Pengaruh Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah sebagai Bahan Tambah Filler Campuran Aspal terhadap Nilai Marshall pada Perkerasan Jalan AC-WC. *Jurnal Komposit*, 8(2), 241-248. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15126>
- Statista Research Department. (2024). *Cosmetics market in Indonesia - Statistics & facts*. Statista. Diakses dari <https://www.statista.com/topics/7592/cosmetics-and-personal-care-market-in-indonesia/>
- Suhendra, T., Darma, Y., Saleh, S. M., Dasopang, A. B., Mauladea, F., & Humayra, S. (2025). Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang Darah dan Fly Ash Terhadap Campuran Perkerasan Aspal. *Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, 4(3), 700-706. <https://doi.org/10.55616/prince.v4i3.1071>
- United Nations Environment Programme. (2021). *From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. UNEP.
