

Sintesis Dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan Kolagen Dengan Variasi Konsentrasi *Plasticizer* Gliserol Untuk Membran Gingival

Isabella Putri Anjani
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia

isabellaputrianjani@telkomuniversity.ac.id

Adanti Wido Paramadini, S.T.,M.Eng
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
adanti@telkomuniversity.ac.id

Faizah, S.TP.,M.Si
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
faizah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak--Luka yang disebabkan oleh trauma, penyakit periodontal, pencabutan gigi, dan operasi bedah mulut lainnya dikenal sebagai radang gingiva. Untuk menjaga homeostasis dan memperbaiki integritas jaringan yang rusak, proses penyembuhan luka gingiva sangat penting. Membran ialah zat berpori, biokompatibel, dan dapat terurai secara hayati yang berfungsi sebagai matriks ekstraseluler dan penopang struktural bagi sel selama proses pertumbuhan dan regenerasi jaringan alami. Dalam penelitian ini, komposit kolagen-kitosan untuk membran gingiva disintesis menerapkan berbagai plasticizer. Senyawa-senyawa ini diterapkan karena kemampuannya untuk membantu memperbaiki gusi yang surut. Prosedur pengeringan beku, yang dapat membuat pori-pori di membran, diterapkan dalam pembuatan membran kolagen-kitosan- gliserol. Selain itu, karakterisasi FTIR, morfologi, tarik, dan pembengkakan dilakukan terhadap hasil sintesis membran kolagen- kitosan dengan penambahan gliserol. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwasanya sifat kimia dan fisik sistem kolagen- kitosan dipengaruhi oleh penambahan gliserol. Hasil uji tarik kitosan-kolagen + gliserol 2 ml menunjukkan nilai perpanjangan maksimum sebesar 83,6%. Hasil uji *swelling* gliserol 2 ml menghasilkan rasio pembengkakan terbaik dalam penelitian ini, dengan rasio pembengkakan 198%. Variasi kitosan-kolagen + gliserol 2 ml terungkap dari hasil karakterisasi morfologi (SEM). didasarkan atas karakterisasi FTIR, kekuatan mekanis (kekuatan tarik), tingkat pembengkakan, dan karakterisasi SEM, membran kolagen-kitosan dengan tambahan gliserol memiliki prospek yang baik sebagai pilihan membran untuk terapi resesi gingiva.

Kata Kunci: *Gingival*, gliserol, kitosan, kolagen, membran.

I. PENDAHULUAN

Kerusakan gingiva sering kali merupakan akibat dari beberapa prosedur perawatan gigi. Trauma, penyakit periodontal, pencabutan gigi, dan prosedur bedah mulut lainnya dapat menyebabkan cedera pada gingiva. Untuk menjaga homeostasis dan memperbaiki integritas jaringan yang rusak, proses penyembuhan luka gingiva sangat penting. Resesi gusi akan menyebabkan masalah estetika, terutama jika terjadi pada gigi anterior akibat cedera yang terus-menerus. Karena permukaan akar terpapar ke lingkungan mulut, resesi gusi dapat menyebabkan hipersensitivitas dentin, karies akar, abrasi serviks, dan erosi selain masalah estetika.

Pembuatan membran, rekayasa jaringan, dan sel semuanya termasuk dalam biomaterial rekayasa jaringan. Pendekatan regenerasi jaringan berbasis membran telah muncul dalam sepuluh tahun terakhir. Dengan menerapkan biomaterial, sel, dan faktor biologis saja atau dalam

kombinasi, rekayasa jaringan bertujuan untuk menghasilkan, memperbaiki, atau memulihkan jaringan yang berfungsi. Membran berfungsi sebagai matriks ekstraseluler selama proses regenerasi dan pertumbuhan jaringan alami dan sebagai penopang struktural bagi sel. Bahan-bahan tersebut berpori, biokompatibel, dan dapat terurai secara hayati.

Uji struktur pori melintang pada kandidat membran menerapkan Scanning Electron Microscope (SEM) ialah salah satu uji yang diterapkan dalam karakterisasi penelitian ini, bersama dengan uji FTIR. Kekuatan tarik, yang menunjukkan kapasitas membran untuk menahan pemanjangan maksimum sebelum putus, juga dinilai secara mekanis. Untuk menilai daya serap membran, dilakukan percobaan pembengkakan.

II. KAJIAN TEORI

A. Anatomi dan Fisiologi *Gingiva*.

Free gingival dan attached gingival ialah dua divisi gingiva. Lapisan epitel ditambah lapisan jaringan ikat yang dikenal sebagai lamina propria membentuk gingiva. Dinding luar di leher gingiva sedalam 0–2 mm, dan tepi gingiva selebar 1-2 mm, menciptakan cuff di sekitar leher gigi. Papila gingiva ialah struktur berbentuk kerucut yang terletak di antara gigi dan tepi gingiva. Permukaan labialnya sering kali memiliki groove yang dikenal sebagai "sluice way". Untuk menghasilkan col interdental, papila menempati ruang pada embrasura interdental apikal hingga titik kontak, dan bentuk fasiolingualnya sesuai dengan lengkungan area *semen-enamel junction* [1].



GAMBAR 1. GINGIVA NORMAL [1].

B. *Gingival Recession*.

Iritasi gusi dikenal sebagai resesi gingiva, dan sering terjadi pada setiap titik setelah tumbuh gigi. Ketika gingivitis terjadi tanpa kehilangan perlekatan, resesi gingiva merupakan iritasi pada gingiva. Batas gingiva tampak kemerahan pada pemeriksaan klinis. Metode menyikat gigi yang tidak tepat (abrasi gingiva), malposisi gigi, gesekan dari jaringan lunak (ablasi gingiva), peradangan gingiva, perlekatan frenulum abnormal, dan operasi gigi iatrogenik

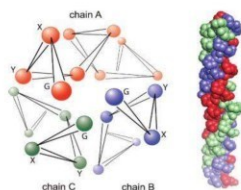
merupakan variabel etiologi yang berkontribusi terhadap resesi gingiva [2].



GAMBAR 2. KELAINAN GINGIVAL RECESSION [2].

C. Kolagen.

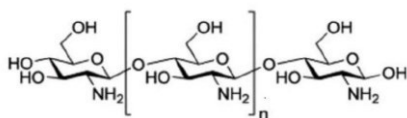
Protein struktural yang ditemukan dalam jumlah besar pada banyak spesies hewan, kolagen sangat penting untuk kesehatan manusia. Kolagen ialah komponen umum dari sebagian besar matriks ekstraseluler, menyumbang sepertiga dari berat kering kulit, dan menyumbang sekitar sepertiga dari total kandungan protein tubuh pada manusia. Karena susunan asam amino yang tidak biasa, yang mencakup konsentrasi tinggi asam amino siklik seperti prolin dan hidroksiprolin serta sejumlah besar asam amino nonpolar dengan gugus pendek seperti glisin dan alanin, kolagen dianggap sebagai protein unik [3].



GAMBAR 3. STRUKTUR KOLAGEN [3].

D. Kitosan.

Kitosan diidentifikasi sebagai biopolimer alami dengan kelimpahan terbesar kedua setelah selulosa. Substansi ini merupakan hasil deasetilasi kitin, yang dapat terjadi melalui proses reaksi kimia maupun reaksi enzimatis [4]. Kitosan telah menjadi fokus pengembangan dalam berbagai aspek bidang, terutama dalam konteks medis. Salah satu produk teknologi kitosan ialah sistem penyampaian obat topikal, yang diimplementasikan dalam bentuk membran [5].



GAMBAR 4. STRUKTUR KITOSAN [5].

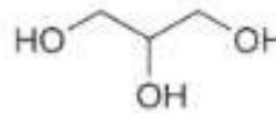
E. Plasticizer.

Plasticizer ialah zat organik dengan berat molekul rendah yang diaplikasikan di seluruh proses pembuatan membran dan memiliki efek besar. Plasticizer dapat ditambahkan ke bahan untuk meningkatkan ekstensibilitas dan fleksibilitasnya serta elastisitas membran. Lebih jauh, plasticizer dapat meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut sambil mengurangi retakan membran [6].

F. Gliserol.

Gliserol ialah zat kimia yang mengandung tiga gugus hidroksil dan rumus $C_3H_5(OH)_3$. Tiga gugus hidroksi alkohol hidrofofik yang ditemukan dalam gliserol ialah yang memberinya kelarutan dalam air dan karakteristik

higroskopis. Gliserol juga merupakan zat yang tidak berwarna dan tidak berbau. Karena molekul gliserol menciptakan ikatan hidrogen baik di dalam maupun di antara molekul, mereka sangat fleksibel. Dalam keadaan umum, gliserol memiliki stabilitas yang tinggi, kompatibilitas dengan bahan kimia lain, kurangnya iritasi dalam berbagai aplikasi, dan tidak ada dampak lingkungan yang merugikan [7].



GAMBAR 5. STRUKUR GLISEROL [7].

G. Membran

Matriks atau rangka buatan yang disebut membran diperlukan untuk infiltrasi sel dan memberi sel dukungan fisik yang mereka butuhkan untuk berkembang biak dan berdiferensiasi menjadi jaringan atau organ yang berguna. Membran berfungsi sebagai templat untuk membantu perkembangan jaringan baru [8].

H. Uji FTIR

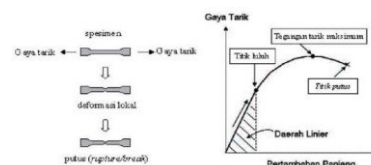
FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) ialah spektrometer yang diterapkan untuk melakukan analisis senyawa kimia dengan menerapkan radiasi inframerah. Alat ini mampu mengidentifikasi senyawa organik dan melakukan analisis terhadap gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa tersebut. FTIR seringkali diterapkan dalam analisis biomedis, seperti sampel tulang, rambut, sel hidup, kulit, penyembuhan luka, dan aplikasi medis lainnya. Instrumen ini dapat menguji berbagai jenis sampel, termasuk emisi padat, cair, dan gas [9].



GAMBAR 6. ALAT FTIR [9].

I Uji Tarik.

Uji tarik dilakukan untuk menilai karakteristik material, khususnya kualitas mekanis membran. Uji ini menerapkan gaya yang diberikan bolak-balik untuk menentukan kekuatan tarik membran (strength at break) dan perpanjangan saat putus (elongation at break). Spesimen yang telah dibentuk menjadi batang uji yang memenuhi kriteria yang relevan sering diterapkan untuk pengujian tarik. Karena material uji ditarik hingga putus setelah diubah menjadi batang uji, pengujian tarik bersifat merusak [6].



GAMBAR 7. GAMBARAN UJI TARIK [6].

sampel dan membedakan apakah interaksi tersebut bersifat kimia atau fisika.

e. Uji Tarik

Uji Tarik dilakukan dengan sampel ditarik hingga putus setelah terlebih dahulu dibuat sesuai dengan standar yang diterapkan. Untuk pengujian sampel polimer, sampel dicetak dalam ukuran standar dan dipotong menerapkan dumbel atau cetakan. Sampel akan dikenakan gaya tarik yang berlawanan hingga putus setelah kedua ujungnya diikatkan ke instrumen uji tarik.

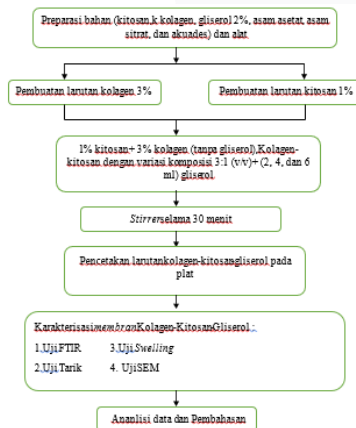
f. Uji Swelling

Untuk menghitung pembengkakan, membran kolagen-kitosan direndam dalam larutan garam penyangga fosfat pH 7 dengan penambahan plasticizer gliserol. Di masa lalu, membran kolagen-kitosan dipotong menjadi potongan-potongan kecil berbentuk persegi yang berukuran 1 cm kali 1 cm setelah ditambahkan gliserol. Sebelum perendaman, berat kering membran kolagen-kitosan dengan penambahan plasticizer gliserol ditentukan. Kemudian, untuk sampel membran kolagen-kitosan dengan penambahan gliserol, timbang sampel setelah direndam setiap menit pengujian.

g. Uji SEM

Uji morfologi (SEM) diterapkan untuk melakukan uji morfologi. Dengan penambahan gliserol, uji morfologi bertujuan untuk mengamati struktur permukaan membran kolagen-kitosan, diameter pori, lapisan pori, dan lapisan non-pori. Untuk memastikan bahwasanya sampel tidak akan rusak selama pemindaian, sampel tersebut pertama-tama dipotong sesuai ukuran yang sesuai : 12 mm atau 25 mm menurut tempat sampel dan kemudian dilapisi dengan Au atau P menerapkan proses pelapisan sputtering.

h. Skema Penelitian

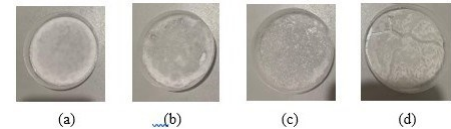


GAMBAR 9. SKEMA PENELITIAN

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menerapkan pengaduk magnetik untuk melarutkan kitosan dalam asam asetat 2% dan kolagen dalam asam sitrat hingga homogen, penelitian ini berhasil membuat membran kolagen-kitosan dengan penambahan plasticizer gliserol. Kolagen kitosan memiliki komposisi 3:1 (v/v) selama proses pembuatan sampel. Selain itu, berbagai konsentrasi plasticizer gliserol—dua mililiter, empat mililiter, dan enam mililiter—diterapkan. Membran berpori, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, kemudian diproduksi dengan mencetak sampel dalam

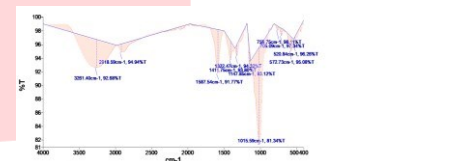
cawan petri dan memprosesnya menerapkan prosedur freeze-dry selama 48 jam pada suhu -80C.



GAMBAR 10. MEMBRAN KOLAGEN-KITOSAN DENGAN VARIASI GLISEROL 2 ML, 4 ML, DAN 6 ML.

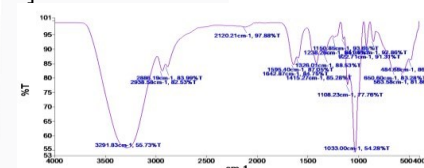
Data karakterisasi dan dampak perubahan komposisi kolagen-kitosan dengan penambahan plasticizer gliserol akan disajikan dalam bab ini. Hasil uji mekanik (uji tarik), uji absorpsi (uji swelling), uji morfologi (uji SEM), dan uji Fourier Transform Infrared Spectroscopy (uji FTIR) diterapkan untuk mengkarakterisasi pengujian pada sampel membran kolagen-kitosan dan penambahan *plasticizer*.

A. Hasil FTIR



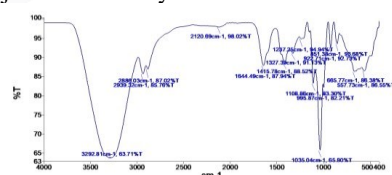
GAMBAR 11. SPEKTRUM IR SAMPEL KONTROL

Pada sampel kontrol, spektrum menunjukkan puncak dominan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya vibrasi peregangan N-H (kitosan) dari gugus amida dan O-H dari gugus hidroksil. Puncak di sekitar 1650 cm^{-1} (amida I) dan 1550 cm^{-1} (amida II) mengonfirmasi keberadaan ikatan peptida dalam struktur kolagen [12].



GAMBAR 12. SPEKTRUM IR SAMPEL GLISEROL 2 ML

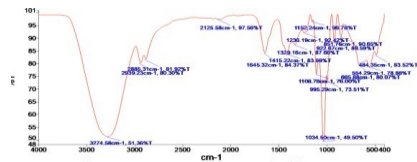
Penambahan gliserol pada sampel dengan konsentrasi 2 ml menghasilkan peningkatan intensitas puncak di 3400 cm^{-1} , menunjukkan kontribusi gugus hidroksil dari gliserol yang meningkatkan kemampuan pembentukan ikatan hidrogen dalam matriks. Selain itu, puncak di sekitar 2900 cm^{-1} , yang merepresentasikan vibrasi C-H dari gugus metil gliserol, menjadi bukti adanya interaksi kimia tambahan [13].



GAMBAR 13. SPEKTRUM IR SAMPEL GLISEROL 4ML

Pada sampel dengan konsentrasi gliserol 4 ml, intensitas puncak hidroksil di 3400 cm^{-1} semakin meningkat, sedangkan pelebaran puncak di 1650 cm^{-1} menunjukkan penguatan interaksi antara gugus amida kolagen dan molekul gliserol. Fenomena ini mengindikasikan peningkatan kemampuan matriks untuk membentuk interaksi hidrogen

yang lebih kuat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gliserol [12].



GAMBAR 14. SPEKTRUM IR SAMPEL GLISEROL 6 ML

Sampel dengan penambahan gliserol 6 ml menunjukkan intensitas maksimum pada puncak 3400 cm^{-1} dan 2900 cm^{-1} , mengonfirmasi dominasi gugus hidroksil dan metil gliserol dalam struktur matriks. Penurunan intensitas pada rentang $1000\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$, yang berkaitan dengan vibrasi C-O kitosan, dapat disebabkan oleh kompetisi interaksi antara kitosan dan gliserol dalam struktur matriks. Modifikasi struktur ini menghasilkan sifat material yang lebih fleksibel dan cenderung meningkatkan elastisitas membran biomaterial.

B. Hasil Uji Tarik

TABEL 1. HASIL UJI TARIK

No	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)
1.	Kontrol	30	5	3,439	1,333
2.	Kitosan-kolagen + 2 ml gliserol	30	5	0,013	83,667
3.	Kitosan-kolagen + 4 ml gliserol	30	5	0,015	43,000
4.	Kitosan-kolagen + 6 ml gliserol	30	5	0,005	71,667

Dari hasil tersebut, terlihat bahwasanya sampel kitosan-kolagen + gliserol 2 ml menunjukkan elongasi tertinggi, sementara nilai elongasi menurun menjadi 71,6% untuk sampel kitosan-kolagen + gliserol 6 ml, dan mencapai nilai terendah pada 43% untuk sampel kitosan-kolagen + gliserol 4 ml. Penurunan nilai elongasi setelah penambahan konsentrasi gliserol 2 ml, 4 ml, dan 6 ml menjadi signifikan. Hal ini terjadi karena sifat *plasticizer* dari gliserol yang mencapai titik optimum, sehingga pada konsentrasi gliserol berikutnya (4 ml dan 6 ml) dapat mengakibatkan penurunan kekakuan atau kurangnya elastisitas pada sampel [14].

C. Hasil Uji Swelling

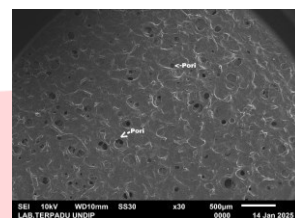
TABEL 2. HASIL UJI SWELLING

No	Variasi	Rasio Swelling
1.	Kontrol	192%
2.	Kitosan-kolagen + 2 ml gliserol	198%
3.	Kitosan-kolagen + 4 ml gliserol	55%
4.	Kitosan-kolagen + 6 ml gliserol	179%

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwasanya swelling ratio untuk masing-masing sampel ialah: Kontrol = 192%, Gliserol 2 ml = 198%, Gliserol 4 ml = 55%, dan Gliserol 6 ml = 179%. Hasil swelling ratio pada penelitian ini menunjukkan bahwasanya swelling ratio tertinggi dihasilkan oleh Gliserol 2 ml. Hampir semua variasi membran kolagen-kitosan-gliserol mengalami pembengkakan baik karena sampel tersebut memiliki kemampuan untuk mempertahankan berat awal sehingga penyerapan larutan tidak terlalu banyak.

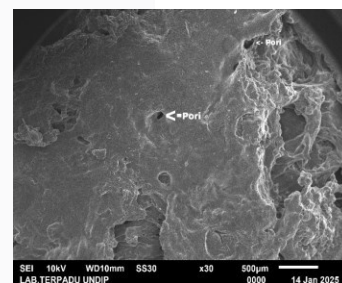
D. Hasil Uji SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah perangkat atau alat yang diterapkan dalam melihat morfologi bahan dengan memeriksa struktur mikroskopisnya. Penggunaan SEM umumnya melibatkan uji untuk mengidentifikasi ukuran pori dan ketebalan suatu bahan. Dalam konteks pengujian kekuatan mekanik, hasil menunjukkan bahwasanya sampel dengan elongasi terbaik terdapat pada sampel kontrol dan sampel kitosan-kolagen + gliserol 2 ml. Kedua sampel tersebut kemudian diuji untuk memahami morfologi keduanya untuk mengetahui ukuran pori dan ketebalan.



GAMBAR 15. HASIL SEM KONTROL PERMUKAAN SAMPEL PEMBESARAN 30X.

Gambaran permukaan dari sampel kontrol (tanpa perlakuan) menunjukkan ciri pori kecil yang terlihat pada hasil SEM Kontrol permukaan sampel membran pada pembesaran 30x sebagaimana tergambar pada gambar 15 dalam uji membran menerapkan alat SEM. Tahap awal melibatkan proses coating, proses coating ini bertujuan untuk mencegah terjadinya charging atau pemantulan cahaya selama proses pengujian SEM. Hasil pengamatan menunjukkan bahwasanya pada Gambar 4.6 dengan pada pembesaran 30x morfologi permukaan kontrol (kitosan-kolagen) menunjukkan ukuran pori yang tampak kecil.



GAMBAR 16. HASIL SEM GLISEROL 2 ML PERMUKAAN SAMPEL PEMBESARAN 30X

Pada sampel (kitosan-kolagen + gliserol 2 ml) yang diperlihatkan oleh Gambar 4.8 dan 4.9 didapatkan gambar permukaan terlihat pori yang lebih kecil.

V. KESIMPULAN

Analisis menerapkan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), penambahan gliserol mempengaruhi karakteristik kimia dan fisik dari sistem kolagen-kitosan. Gliserol berfungsi sebagai agen plastisasi yang meningkatkan fleksibilitas material dengan memperkuat ikatan hidrogen antar molekul, tanpa mengubah struktur inti kolagen dan kitosan. Hasil ini

relevan untuk pengembangan biomaterial berbasis kolagen dan kitosan yang memerlukan sifat mekanik dan hidrofilik optimal. Hasil pengujian *tensile strength* menunjukan bahwasanya semakin besar konsentrasi gliserol maka kekuatan tarik biokomposit menurun. Hasil Uji *Swelling* kontrol = 192%, gliserol 2 ml = 198%, gliserol 4 ml = 57%, dan gliserol 6 ml = 150%. Hasil Uji SEM membran menunjukkan bahwasanya sampel memiliki ukuran pori kecil yang memenuhi standar untuk aplikasi periodontal, maka sampel yang memiliki pori ukuran kecil ialah sampel kitosan-kolagen + gliserol 2 ml. Sampel dengan komposisi kolagen:kitosan:gliserol terbaik yakni dengan variasi gliserol 2 ml sebagai membran untuk kasus gingival recession didasarkan atas parameter uji FTIR, uji *swelling*, uji tarik dan uji SEM.

REFERENSI

- [1] K. Pradeep, P. Rajababu, D. Satyanarayana, and V. Sagar, "Case Report Gingival Recession : Review and Strategies in Treatment of Recession," vol. 2012, pp. 10–15, 2012, doi: 10.1155/2012/563421.
- [2] W. Haryani and I. H. Siregar, "Modul Gingivitis," pp. 1–21, 2022, [Online]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=KOIc9pIAAAAJ&pagesize=80&citation_for_view=KOIc9pIAAAAJ:pqnbT2bcN3wC
- [3] J. Glowacki and S. Mizuno, "Collagen scaffolds for tissue engineering," *Biopolymers*, vol. 89, no. 5, pp. 338–344, 2008, doi: 10.1002/bip.20871.
- [4] N. B. Promising, "Prospek Kitosan dan Kitosan Termodifikasi Sebagai Biopolimer Alami yang Menjanjikan Prospect of Kitosan and Kitosan Modification as Natural Biopolimer Promising," 2010.
- [5] A. Ratnawati, D. I. R., and A. Supardi, "Sintesis dan Karakterisasi Kolagen dari Teripang-Kitosan sebagai Aplikasi Pembalut Luka," *J. Fis. dan Ter.*, vol. 1, pp. 11–21, 2013.
- [6] P. N. Ramadani, "Efek variasi komposisi kolagen kitosan gliserol terhadap karakterisasi scaffold untuk gingival recession therapy," *Perpust. Univ. Airlangga*, p. 106, 2018.
- [7] M. A. BIN AHMAD, "ANAEROBIC DIGESTION OF CRUDE GLYCEROL FOR BIOHYDROGEN PRODUCTION," p. 40.
- [8] F. J. O. Brien, "Biomaterials & scaffolds Every day thousands of surgical procedures are performed to replace," *Mater. Today*, vol. 14, no. 3, pp. 88–95, 2011, doi: 10.1016/S1369-7021(11)70058-X.
- [9] D. R. E. Rechika Amelia Eka Putri1, "Medic nutricia 2024," vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.5455/mnj.v1i2.644xa.
- [10] A. F. Rosdiani, P. Widiyanti, and D. I. Rudyarjo, "Synthesis and characterization biocomposite collagen-chitosan- glycerol as scaffold for gingival recession therapy," *J. Int. Dent. Med. Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 118–122, 2017.
- [11] N. D. Anggraeni, "Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite," *Semin. Nas. - VII Rekayasa dan Apl. Tek. Mesin di Ind.*, pp. 50–56, 2008.
- [12] M. A. Bryan, J. W. Brauner, G. Anderle, C. R. Flach, B. Brodsky, and R. Mendelsohn, "FTIR studies of collagen model peptides: Complementary experimental and simulation approaches to conformation and unfolding," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 129, no. 25, pp. 7877–7884, 2007, doi: 10.1021/ja071154i.
- [13] L. A. Kadir, "Struktur dan Vibrasi Carbamida: Eksperimen dan Kajian Teoritik Density functional theory (DFT)," *Saintifik*, vol. 6, no. 2, pp. 116–120, 2020, doi: 10.31605/saintifik.v6i2.266.
- [14] W. C. Lin, C. C. Lien, H. J. Yeh, C. M. Yu, and S. H. Hsu, "Bacterial cellulose and bacterial cellulose-chitosan membranes for wound dressing applications," *Carbohydr. Polym.*, vol. 94, no. 1, pp. 603–611, 2013, doi: 10.1016/j.carbpol.2013.01.076.