

Pengaruh Variasi Konsentrasi Pva Pada Membran Berbasis Kitosan Untuk Aplikasi Stomatitis Aftosa Patch Menggunakan Metode Solvent Casting

Arman Afrianto
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
armanafrianto@student.telkomuniversity.ac.id

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

Indah Permatasari S.Si., M.Si
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
indahpermata@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Stomatitis aftosa adalah peradangan rongga mulut yang ditandai dengan luka sariawan, menimbulkan rasa nyeri dan ketidaknyamanan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan patch berbasis kitosan dan *polyvinyl alcohol* (PVA) sebagai terapi lokal, menggunakan metode *solvent casting* dengan variasi konsentrasi PVA (2,5% dan 7,5%). Patch dikeringkan dengan dua metode, yaitu suhu ruang dan oven. Evaluasi karakteristik patch dilakukan melalui uji FTIR, mekanik, degradasi, *swelling*, dan SEM. Hasil FTIR menunjukkan adanya interaksi kuat antara kitosan dan PVA melalui ikatan hidrogen, ditandai oleh pergeseran dan pelebaran puncak -OH dan -NH₂, serta terbentuknya struktur komposit yang homogen. Uji mekanik menunjukkan peningkatan kohesivitas (hingga 0,38), elastisitas (hingga 1,90 mm), dan adhesi (hingga 59,85 mJ) seiring bertambahnya konsentrasi PVA, terutama pada sampel dengan rasio 1:3 yang dikeringkan di suhu ruang. Uji degradasi menunjukkan membran Oven 1:3 dan Ruang 1:3 mengalami penurunan berat masing-masing sebesar 4% dan 6,25%, menandakan sifat biodegradabel yang sesuai untuk durasi aplikasi di rongga mulut. Uji *swelling* memperlihatkan kemampuan penyerapan air yang sangat tinggi, melebihi 1000% dalam waktu 60 menit, namun berpotensi menyebabkan disintegrasi dini pada patch jika tidak dikendalikan. Hasil SEM menunjukkan struktur permukaan yang berpori namun belum sepenuhnya homogen, mengindikasikan perlunya modifikasi formulasi, seperti penambahan *plasticizer*, untuk meningkatkan kestabilan. Secara keseluruhan, kombinasi kitosan dan PVA, terutama pada rasio 1:3 dengan pengeringan suhu ruang, menunjukkan karakteristik fisikokimia dan mekanik yang paling optimal untuk aplikasi patch stomatitis aftosa.

Kata kunci— kitosan, PVA, patch, stomatitis aftosa, solvent casting.

I. PENDAHULUAN

Stomatitis aftosa, atau sariawan, adalah peradangan mukosa mulut yang nyeri, dipicu trauma, makanan, alergi, stres, defisiensi vitamin, atau *Candida albicans*. Lesi ini biasanya bulat, dangkal, dan sembuh dalam 7-14 hari. Pengobatan memerlukan formulasi yang langsung ke area lesi, di mana patch berbasis polimer menjanjikan. Kombinasi kitosan (biokompatibel, biodegradabel, antibakteri) dan

polivinil alkohol (PVA) (larut air, biokompatibel, fleksibel) sangat potensial untuk patch stomatitis. Metode *solvent casting* digunakan untuk memproduksi membran polimer dengan ketebalan seragam dan sifat fisik yang bisa disesuaikan. Penelitian ini memvariasikan konsentrasi PVA (2,5% dan 7,5% m/v) untuk menganalisis pengaruhnya terhadap sifat fisikokimia dan mekanik membran berbasis kitosan (porositas, kelarutan, hidrasi, permeabilitas, pH permukaan, kekuatan tarik, elastisitas) serta struktur mikro (SEM), FTIR, *swelling*, dan degradasi. Diharapkan penelitian ini berkontribusi pada pengembangan biomaterial efektif dan aman untuk pengobatan stomatitis, serta informasi pengaruh konsentrasi PVA terhadap membran kitosan.

II. KAJIAN TEORI

A. Stomatitis Aftosa

Stomatitis aftosa, atau sariawan, adalah peradangan mukosa mulut yang ditandai lesi keputihan cekung yang nyeri. Kondisi ini dapat disebabkan oleh trauma, suhu ekstrem, alergi, stres, defisiensi vitamin, dan infeksi *Candida albicans*.

B. Membran

Membran adalah lapisan tipis yang memisahkan dua fase atau lebih, berperan penting dalam proses pemisahan dan adsorpsi. Dalam konteks biomaterial, membran dapat dibuat dari kombinasi kitosan dan PVA, seringkali dimodifikasi dengan nanopartikel untuk meningkatkan kinerja, misalnya dalam menghilangkan ion logam berat.

C. Kitosan

Kitosan adalah biopolimer alami kedua terbanyak setelah selulosa, diperoleh dari deasetilasi kitin. Senyawa ini ditemukan pada cangkang udang, kepiting, serangga, dan dinding sel jamur. Kitosan adalah kopolimer glukosamin dan N-asetilglukosamin, dengan

sifat biokompatibel, biodegradable, dan tidak beracun, sehingga banyak digunakan dalam bidang medis. Kitosan mudah larut dalam air dan asam organik encer pada pH 4-6,5, memiliki gugus amino primer bebas yang meningkatkan reaktivitas kimia dan biokimia dibandingkan kitin.

D. Polivinyl Alcohol (PVA)

PVA adalah polimer sintesis semi-kristalin, berbentuk butiran atau bubuk putih, tidak berbau, tidak berasa, tidak beracun, dan biokompatibel. PVA dihasilkan dari hidrolisis polivinil asetat. Tingkat hidroksilasi dan polimerisasi PVA memengaruhi kelarutan dalam air dan kemampuan kristalisasi. Karena larut air, PVA sering memerlukan *cross-linking* untuk membentuk hidrogel stabil, yang meningkatkan stabilitas struktural, penyerapan cairan, serta karakteristik mekanik dan kimia.

E. Metode Solvent Casting

Solvent casting adalah teknik pembuatan film polimer yang umum di bidang farmasi dan biomedis. Prosesnya melibatkan pelarutan polimer dalam pelarut hingga homogen, kemudian dituangkan pada permukaan datar dan dikeringkan melalui penguapan pelarut. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya menghasilkan film dengan ketebalan seragam dan kontrol struktur yang baik, cocok untuk lapisan tipis yang kuat seperti sistem penghantaran obat. Metode ini fleksibel dalam pemilihan polimer dan pelarut, memungkinkan penyesuaian sifat mekanik, kelarutan, dan kemampuan pelepasan zat aktif.

F. Uji Swelling

Mengevaluasi kemampuan membran menyerap cairan. Membran ditimbang kering, direndam dalam larutan penyangga (misalnya PBS pH 7,4), dan ditimbang kembali pada interval waktu tertentu untuk menghitung persentase penyerapan air. Persentase *swelling* dihitung dengan rumus:

$$\text{Swelling (\%)} = \frac{W_w - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- W_w adalah berat setelah direndam
- W_0 adalah berat awal.

G. Uji Degradasi

Menilai stabilitas dan biodegradabilitas biomaterial dengan memantau perubahan fisik, kimia, dan mekanik seiring waktu dalam lingkungan simulasi. Kehilangan berat material dihitung dengan rumus:

$$\text{Weight Loss (\%)} = \frac{W_i - W_t}{W_t} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

- W_i berat awal
- W_t berat pada waktu tertentu.



GAMBAR 1
(FLOWCHART METODE PENELITIAN)

H. Uji Mekanik

Menentukan sifat-sifat seperti kekuatan tarik, elastisitas (*springiness*), dan adhesi. Pengujian tarik dilakukan dengan menarik sampel hingga rusak, mengukur perubahan panjang dan gaya yang diterapkan. Parameter yang diukur meliputi *ultimate mechanical*, *breaking*, *maximum elongation*, dan *reduction in area*. Tegangan (*stress*) dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

- F beban
- A luas permukaan.

I. Uji Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

Digunakan untuk menganalisis gugus fungsi dan interaksi kimia dalam sampel dengan mengamati penyerapan radiasi inframerah. Alat ini mengidentifikasi senyawa organik dan gugus fungsi.

J. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM):

Teknik mikroskopi yang menggunakan sinar elektron untuk memvisualisasikan permukaan sampel dengan resolusi tinggi, memberikan informasi tentang morfologi, struktur permukaan, distribusi ukuran, dan bentuk serat.

III. METODE

Metode eksperimen komparatif digunakan untuk menguji pengaruh variasi konsentrasi PVA (2,5% dan 7,5%) pada membran kitosan yang dibuat melalui *solvent casting*. Sampel membran diuji sifat fisikokimia (porositas, kelarutan, hidrasi, permeabilitas, pH permukaan) dan mekanik (kekuatan tarik, elastisitas). Struktur mikro dianalisis dengan SEM, serta dilakukan uji FTIR, *swelling*, dan degradasi untuk karakterisasi sebagai *patch* stomatitis aftosa. Proses pembuatan meliputi pelarutan 2,5% m/v kitosan dalam asam asetat pada ±60°C hingga homogen, diikuti pelarutan 2,5% atau 7,5% m/v PVA dalam aquadest hingga jernih. Kedua larutan kemudian dicampur dengan rasio Kitosan:PVA 1:1 atau 1:3 dan diaduk pada 80°C hingga homogen, dengan rasio 1:3 bertujuan meningkatkan fleksibilitas. Setelah campuran polimer homogen diperoleh, langkah selanjutnya adalah pembuatan membran menggunakan metode *solvent casting*. Campuran kitosan dan PVA dituangkan secara hati-hati ke dalam cetakan yang rata untuk mencegah terbentuknya gelembung udara. Ketebalan dari sampel diseragamkan, yaitu sekitar 1cm. Proses pencetakan ini dilakukan dengan memastikan bahwa campuran tersebar merata di seluruh permukaan cetakan. Setelah larutan dituangkan, membran dikeringkan menggunakan dua metode, yaitu pengeringan dengan oven pada suhu 85°C atau pengeringan pada suhu ruang selama waktu tertentu hingga membran benar-benar kering

TABEL 1.
(VARIASI SAMPEL)

Rasio	Metode	Sampel
1:1	Oven	Chitosan + PVA
1:3		Chitosan + PVA
1:1	Suhu Ruang	Chitosan + PVA
1:3		Chitosan + PVA

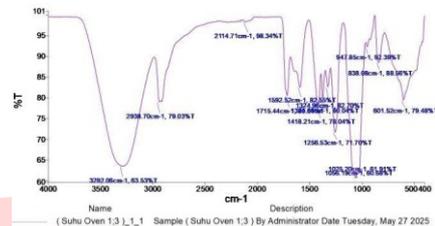
Membran dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan untuk aplikasi *patch stomatitis aftosa*. Potongan membran yang telah siap kemudian dikemas dalam wadah tertutup yang memiliki kontrol kelembaban yang baik. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas membran agar tetap optimal sebelum digunakan dalam aplikasi medis. Variasi rasio kitosan dan PVA yang digunakan bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan konsentrasi terhadap sifat-sifat membran, seperti kekuatan mekanik, daya serap air, dan stabilitas dalam aplikasi *patch stomatitis aftosa*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian FTIR

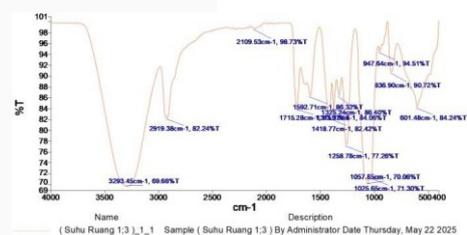
Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai gugus fungsi dari material membran berbasis kitosan, dan PVA yang digunakan dalam penelitian ini. Uji FTIR digunakan untuk Mengidentifikasi komposisi kimia dan struktur gugus fungsi dalam membran, serta menganalisis jenis ikatan kimia dan interaksi fisik yang

terbentuk. Dalam penelitian ini, uji FTIR digunakan untuk menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada membran berbasis dasar kitosan dengan konsentrasi 2,5% (w/v), dan variasi konsentrasi PVA (2,5% dan 7,5% w/v). Spektrum FTIR dari membran menunjukkan perubahan intensitas dan posisi puncak yang mencerminkan interaksi antarbahan penyusun.



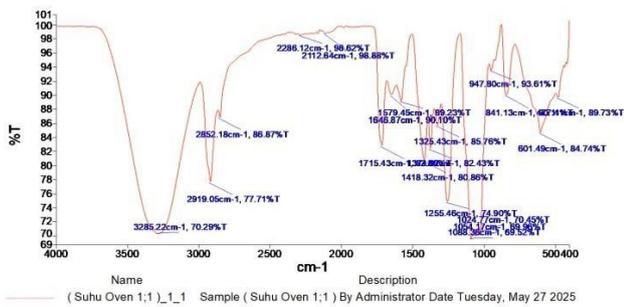
GAMBAR 2
(HASIL UJI FTIR OVEN 1:3)

Spektrum FTIR dari membran kitosan-PVA (rasio 1:3, dikeringkan oven) menunjukkan interaksi kuat antar polimer. Puncak pada 3292,06 cm⁻¹ menandakan vibrasi regangan -OH dan -NH (interaksi hidrogen). Serapan 2938,70 cm⁻¹ menunjukkan regangan C-H alkil (dari PVA). Puncak di 1715,44 cm⁻¹ dan 1592,52 cm⁻¹ mengindikasikan vibrasi C=O dan lenturan N-H, menunjukkan potensi ikatan hidrogen atau interaksi amina-karbonil. Puncak 1418-1256 cm⁻¹ berkaitan dengan vibrasi C-N dan C-O, sedangkan 947,85-601,52 cm⁻¹ menguatkan pembentukan struktur komposit. Secara keseluruhan, spektrum ini membuktikan interaksi kuat kitosan dan PVA, membentuk membran homogen yang stabil.



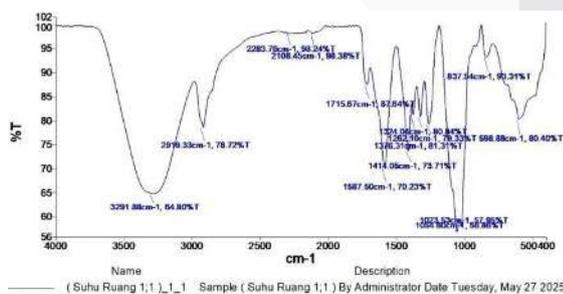
GAMBAR 3
(HASIL UJI FTIR RUANG 1:3)

Spektrum FTIR membran kitosan-PVA (rasio 1:3, dikeringkan suhu ruang) menunjukkan interaksi antar polimer yang kuat. Puncak 3293,45 cm⁻¹ menandakan vibrasi regangan -OH dan -NH (ikatan hidrogen). Serapan 2919,38 cm⁻¹ menunjukkan regangan C-H alkil (dari PVA). Puncak sekitar 1715,28 cm⁻¹ dan 1592,77 cm⁻¹ mengindikasikan gugus C=O dan lenturan N-H, menunjukkan pembentukan amida atau interaksi elektrostatis. Vibrasi 1418-1258 cm⁻¹ menunjukkan gugus C-N, C-O, dan CH₂, menegaskan struktur polimer campuran. Area *fingerprint* (947,85 cm⁻¹, 838,90 cm⁻¹, 601,48 cm⁻¹) mencerminkan kompleksitas struktur. Spektrum ini konsisten dengan spektrum oven, namun intensitas serapan sedikit berbeda akibat metode pengeringan.



GAMBAR 4
(HASIL UJI FTIR OVEN 1:1)

Gambar 4 ini menunjukkan karakterisasi membran kitosan-PVA dengan rasio 1:1 yang dikeringkan menggunakan oven. Terlihat adanya serapan kuat pada 3285,22 cm⁻¹ yang menandakan vibrasi regangan gugus -OH dan -NH, khas dari ikatan hidrogen antara kitosan dan PVA. Puncak di sekitar 2919,05 cm⁻¹ dan 2852,18 cm⁻¹ berasal dari regangan C-H, menandakan keberadaan gugus alkil dari struktur PVA. Puncak-puncak lainnya pada 1715,43 cm⁻¹ dan 1579,45 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus karbonil (C=O) dan lenturan N-H, yang bisa dikaitkan dengan pembentukan gugus amida atau interaksi antarmolekul. Puncak pada 1418,32 cm⁻¹, 1325,46 cm⁻¹, dan 1255,46 cm⁻¹ mencerminkan vibrasi gugus C-N dan C-O, yang umum pada senyawa polimer seperti kitosan dan PVA. Wilayah fingerprint pada 947,80 cm⁻¹ hingga 601,49 cm⁻¹ menunjukkan pola yang cukup kompleks, menandakan struktur polimer yang terbentuk memiliki heterogenitas dan kemungkinan interaksi molekuler yang masih belum sepenuhnya merata. Jika dibandingkan dengan rasio 1:3, spektrum ini memperlihatkan intensitas serapan yang sedikit lebih rendah dan distribusi puncak yang cenderung lebih padat, menunjukkan bahwa rasio kitosan: PVA 1:1 menghasilkan membran dengan interaksi antarmolekul yang berbeda dan kemungkinan struktur yang kurang homogen.



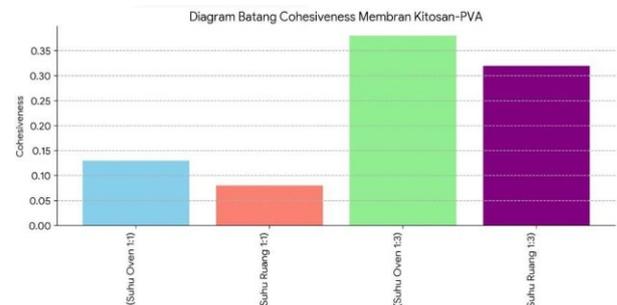
GAMBAR 5
(HASIL UJI FTIR RUANG 1:1)

Gambar 5 menunjukkan spektrum FTIR dari membran kitosan-PVA dengan rasio 1:1 yang dikeringkan pada suhu ruang. Puncak serapan pada 3291,88 cm⁻¹ merepresentasikan regangan gugus -OH dan -NH, yang mencerminkan keberadaan ikatan hidrogen antar polimer kitosan dan PVA. Puncak lain pada 2910,33 cm⁻¹ berasal

dari regangan C-H pada rantai karbon PVA. Di bagian tengah spektrum, puncak pada 1715,67 cm⁻¹ dan 1587,50 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi gugus karbonil (C=O) dan lenturan N-H, yang umum pada ikatan amida atau interaksi kompleks antara gugus amina dan gugus karbonil. Adanya puncak di sekitar 1414,05 cm⁻¹, 1324,06 cm⁻¹, dan 1242,10 cm⁻¹ mengindikasikan vibrasi gugus C-N dan C-O yang merupakan ciri khas struktur kitosan dan PVA. Di area fingerprint, puncak pada 837,54 cm⁻¹, 598,88 cm⁻¹, dan 1053,16 cm⁻¹ memperlihatkan pola kompleksitas struktur kimia dan interaksi molekuler dalam membran. Secara umum, spektrum ini menunjukkan adanya interaksi kimia antara kitosan dan PVA, namun dengan intensitas serapan yang lebih rendah dibanding rasio 1:3, yang mengindikasikan bahwa pada rasio 1:1 dan metode pengeringan suhu ruang, interaksi antarmolekul mungkin tidak sekuat atau sehomogen rasio yang lebih tinggi.

B. Hasil Pengujian Mekanik

Uji karakteristik tekstur membran dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanik, meliputi *Cohesiveness*, *springiness*, dan *adhesion* membran berbasis kitosan dengan variasi konsentrasi PVA dan kondisi pengeringan yang berbeda.



GAMBAR 6
(HASIL UJI MEKANIK COHESIVENESS)

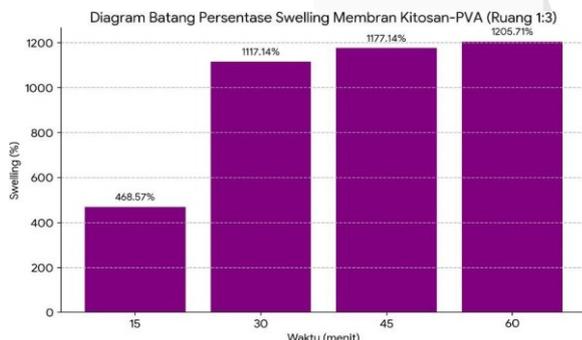
Gambar 6 merupakan diagram batang yang menunjukkan tingkat *cohesiveness* (kohesivitas) dari berbagai sampel membran kitosan-PVA berdasarkan rasio komposisi dan metode pengeringan yang digunakan. Dari grafik terlihat bahwa sampel dengan rasio 1:3 dan dikeringkan menggunakan oven memiliki nilai kohesivitas tertinggi, yaitu mendekati 0,37, menunjukkan bahwa membran ini paling kuat dalam mempertahankan integritas internalnya saat mengalami tekanan atau deformasi. Disusul oleh sampel suhu ruang 1:3 yang juga menunjukkan nilai kohesivitas cukup tinggi, yaitu sekitar 0,30. Sementara itu, kedua sampel dengan rasio 1:1 (baik oven maupun suhu ruang) memiliki nilai kohesivitas yang jauh lebih rendah, di bawah 0,15, yang menunjukkan lemahnya interaksi internal antar molekul polimer. Data ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi PVA (rasio 1:3) berperan penting dalam meningkatkan kohesivitas membran, dan metode pengeringan oven

memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan suhu ruang.



GAMBAR 6 (HASIL UJI MEKANIK SPRINGINESS)

Gambar 6 menunjukkan diagram batang nilai *springiness* (elastisitas) dari berbagai sampel membran kitosan-PVA berdasarkan perbandingan rasio dan metode pengeringan. Terlihat bahwa sampel dengan rasio 1:3 yang dikeringkan menggunakan oven memiliki nilai elastisitas tertinggi, mencapai sekitar 1,8 mm. Disusul oleh sampel suhu ruang 1:3 dengan nilai sekitar 1,6 mm, menunjukkan bahwa konsentrasi PVA yang lebih tinggi memberikan efek signifikan terhadap kemampuan membran untuk kembali ke bentuk semula setelah ditekan. Sebaliknya, sampel dengan rasio 1:1 menunjukkan nilai elastisitas yang jauh lebih rendah, yaitu kurang dari 0,7 mm untuk oven dan sekitar 0,4 mm untuk suhu ruang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan PVA dalam membran, semakin baik kemampuan elastisitasnya. Selain itu, metode pengeringan oven tampak sedikit lebih efektif dalam meningkatkan elastisitas dibandingkan suhu ruang, terutama pada rasio tinggi (1:3). Data ini mengonfirmasi bahwa kombinasi rasio 1:3 dengan pengeringan oven menghasilkan karakteristik mekanik terbaik dalam hal kelenturan.



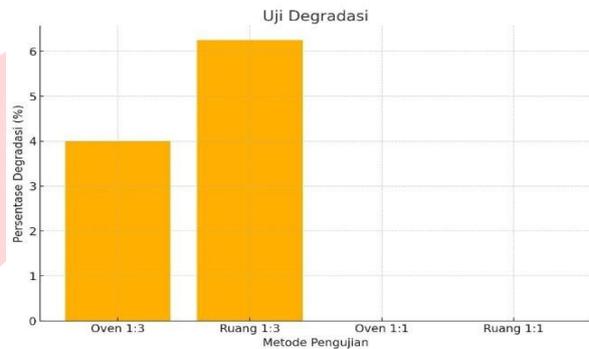
GAMBAR 7 (HASIL UJI MEKANIK ADHESION)

Gambar 7 terlihat jelas bahwa kondisi perlakuan dan rasio komponen memiliki dampak signifikan terhadap adhesi membran Kitosan-PVA. Membran yang dikeringkan pada suhu ruang menunjukkan nilai adhesi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dikeringkan menggunakan oven, baik pada rasio 1:1 maupun 1:3. Secara spesifik, adhesi membran Kitosan-PVA dengan rasio 1:3 yang dikeringkan pada suhu ruang menunjukkan nilai tertinggi secara substansial, mencapai sekitar 60 mJ. Hal ini mengindikasikan

bahwa pengeringan pada suhu ruang, terutama untuk rasio Kitosan-PVA 1:3, menciptakan kondisi yang lebih optimal untuk meningkatkan ikatan antar molekul dalam membran, yang pada gilirannya menghasilkan kekuatan adhesi yang lebih superior.

C. Hasil Pengujian Degradasi

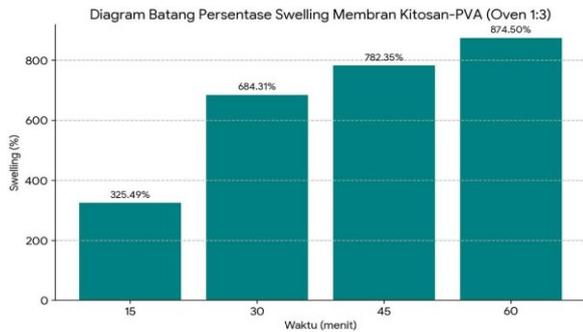
Uji degradasi merupakan parameter penting dalam pengembangan biomaterial, termasuk *patch* untuk *stomatitis aftosa*, karena memengaruhi durasi kerja *patch* di rongga mulut dan pelepasan obat yang terkandung di dalamnya. Polimer alami seperti kitosan dikenal memiliki sifat biodegradabel, sedangkan PVA juga dapat terdegradasi secara enzimatik atau hidrolitik



GAMBAR 8 (HASIL UJI DEGRADASI)

Gambar 8 terlihat bahwa persentase degradasi membran Kitosan-PVA sangat bergantung pada metode pengeringan dan rasio komponen. Membran dengan rasio 1:3 menunjukkan degradasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rasio 1:1, di mana untuk rasio 1:1, baik pengeringan oven maupun ruang, tidak menunjukkan degradasi yang signifikan (mendekati nol). Secara spesifik, membran dengan rasio 1:3 yang dikeringkan pada suhu ruang mengalami persentase degradasi tertinggi, mencapai sekitar 6%, sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan rasio 1:3 yang dikeringkan menggunakan oven, yang menunjukkan sekitar 4% degradasi. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi pengeringan suhu ruang pada rasio 1:3 mungkin menghasilkan struktur membran yang lebih rentan terhadap degradasi dibandingkan dengan pengeringan oven, atau rasio 1:1 menunjukkan stabilitas degradasi yang sangat baik terlepas dari metode pengeringan.

D.Hasil Pengujian Swelling



GAMBAR 9 (HASIL UJI SWELLING OVEN 1:3)

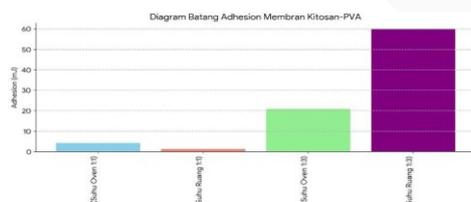
Gambar 9 terlihat jelas bahwa persentase pembengkakan (swelling) membran meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengujian. Pada 15 menit pertama, membran menunjukkan persentase swelling sebesar 325,49%. Angka ini terus meningkat menjadi 684,31% setelah 30 menit, dan mencapai 782,35% pada menit ke-45. Puncak pembengkakan terlihat pada menit ke-60, di mana persentase swelling mencapai 874,50%. Pola ini mengindikasikan bahwa membran Kitosan-PVA yang dikeringkan menggunakan oven dengan rasio 1:3 memiliki kemampuan menyerap cairan yang signifikan, dan proses penyerapan ini terus berlangsung secara progresif seiring dengan durasi waktu paparan terhadap medium uji, menunjukkan sifat hidrofilik material tersebut.

TABEL 2 (HASIL UJI SWELLING OVEN 1:3)

Waktu (menit)	Swelling (%)
15	468,57
30	1117,14
45	1177,14
60	1205,71

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, membran Kitosan: PVA 1:3 yang dikeringkan di oven menunjukkan kemampuan swelling yang progresif seiring dengan peningkatan waktu perendaman:

- 1) Pada 15 menit, persentase swelling mencapai 325,49%.
- 2) Kemudian, swelling meningkat menjadi 684,31% pada 30 menit.
- 3) Pada 45 menit, swelling terus meningkat hingga 782,35%.
- 4) Dan mencapai nilai tertinggi 874,50% pada 60 menit.



GAMBAR 10 (HASIL UJI SWELLING RUANG 1:3)

Gambar 10 tampak jelas bahwa persentase pembengkakan membran meningkat secara substansial seiring dengan bertambahnya waktu pengujian. Pada 15 menit pertama, membran menunjukkan persentase swelling sebesar 468,57%. Angka ini melonjak drastis pada menit ke-30, mencapai 1117,14%. Peningkatan terus berlanjut, dengan nilai 1177,14% pada menit ke-45 dan

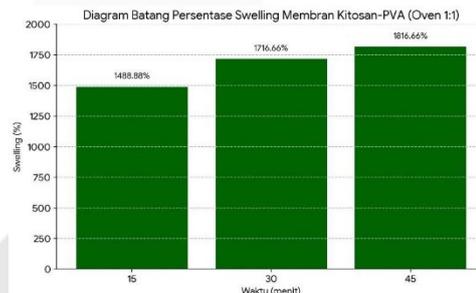
mencapai puncaknya di 1205,71% pada menit ke-60. Perbandingan dengan data sebelumnya (oven 1:3) menunjukkan bahwa membran yang dikeringkan pada suhu ruang (Ruang 1:3) memiliki kemampuan swelling yang jauh lebih tinggi dan lebih cepat mencapai tingkat pembengkakan maksimum, mengindikasikan struktur pori yang lebih terbuka atau afinitas terhadap air yang lebih besar akibat metode pengeringan pada suhu ruang.

TABEL 3 (HASIL UJI SWELLING RUANG 1:3)

Waktu (menit)	Swelling (%)
15	468,57
30	1117,14
45	1177,14
60	1205,71

Berdasarkan data pada Tabel 3, membran Kitosan: PVA 1:3 yang dikeringkan pada suhu ruang menunjukkan kemampuan swelling yang sangat tinggi dan progresif seiring dengan peningkatan waktu perendaman:

- 1) Pada 15 menit, persentase swelling mencapai 468,57%.
- 2) Kemudian, terjadi peningkatan drastis menjadi 1117,14% pada 30 menit.
- 3) Swelling terus meningkat hingga 1177,14% pada 45 menit.
- 4) Dan mencapai nilai tertinggi 1205,71% pada 60 menit.



GAMBAR 11 (HASIL UJI SWELLING OVEN 1:1)

Gambar 4.11 terlihat jelas bahwa persentase pembengkakan membran menunjukkan peningkatan signifikan seiring bertambahnya waktu. Pada 15 menit awal, membran memiliki persentase swelling sebesar 1488,88%. Angka ini kemudian meningkat menjadi 1716,66% pada menit ke-30, dan terus naik hingga mencapai 1816,66% pada menit ke-45. Pola ini mengindikasikan bahwa membran Kitosan-PVA dengan rasio 1:1 yang dikeringkan menggunakan oven memiliki kapasitas penyerapan air yang sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan rasio 1:3 yang dikeringkan baik di oven maupun suhu ruang, menunjukkan bahwa rasio komponen dan metode pengeringan memiliki dampak krusial terhadap sifat hidrofilik membran.

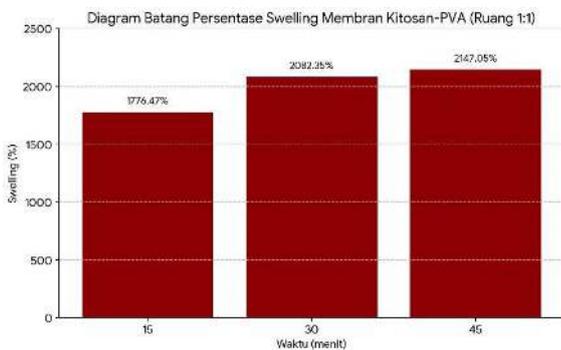
TABEL 4 (HASIL UJI SWELLING OVEN 1:1)

Waktu (menit)	Swelling (%)
15	1488,88

30	1716,66
45	1816,66
60	-

Berdasarkan data pada Tabel 4.3, membran Kitosan: PVA 1:1 yang dikeringkan di oven menunjukkan kemampuan *swelling* yang sangat tinggi dan cepat pada awal pengujian:

- 1) Pada 15 menit, persentase *swelling* telah mencapai 1488,88%.
- 2) Kemudian, *swelling* meningkat menjadi 1716,66% pada 30 menit.
- 3) Pada 45 menit, *swelling* terus meningkat hingga 1816,66%.
- 4) Data untuk 60 menit tidak tersedia, yang mungkin mengindikasikan bahwa membran telah kehilangan integritas strukturalnya (disintegrasi) atau adanya masalah pada pengukuran. Tingkat *swelling* yang sangat tinggi ini, mencapai lebih dari 1000% dalam waktu singkat, menunjukkan sifat yang sangat hidrofilik dari matriks membran ini.



GAMBAR 12
(HASIL UJI SWELLING RUANG 1:1)

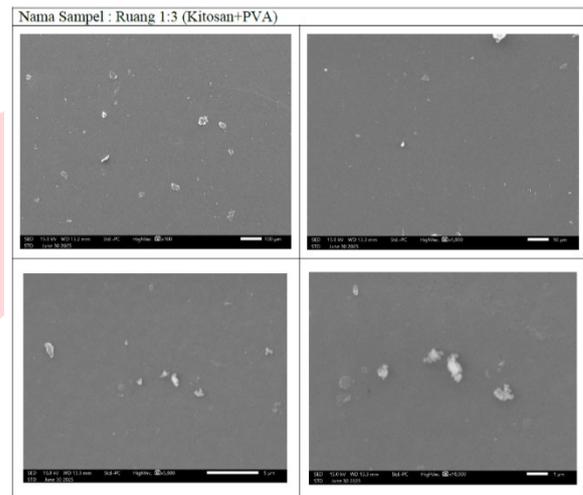
Gambar 12 terlihat jelas bahwa persentase pembengkakan membran menunjukkan peningkatan signifikan seiring bertambahnya waktu pengujian. Pada 15 menit awal, membran memiliki persentase swelling sebesar 1776,47%. Angka ini kemudian melonjak menjadi 2082,35% pada menit ke-30, dan terus naik hingga mencapai 2147,05% pada menit ke-45. Pola ini mengindikasikan bahwa membran Kitosan-PVA dengan rasio 1:1 yang dikeringkan pada suhu ruang memiliki kapasitas penyerapan air yang sangat tinggi, bahkan merupakan yang tertinggi di antara semua kondisi yang disajikan sebelumnya, menunjukkan bahwa kombinasi rasio 1:1 dan pengeringan suhu ruang menciptakan struktur membran dengan hidrofilisitas dan kemampuan pembengkakan yang paling optimal.

TABEL 5
HASIL UJI SWELLING RUANG 1:1

Waktu (menit)	Swelling (%)
15	1776,47
30	2082,35
45	2147,05
60	-

Sifat hidrofilik PVA berperan penting dalam kemampuan penyerapan air membran. PVA memiliki gugus -OH yang berinteraksi dengan molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga memudahkan air untuk masuk dan terserap ke dalam struktur membran. Kombinasi kitosan dan PVA dalam membran memberikan efek sinergis. Kitosan memberikan kekuatan mekanik pada membran, sementara PVA meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan *swelling*.

A. Hasil Pengujian SEM



Hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap *patch* kitosan-PVA yang dikeringkan pada suhu ruang dengan rasio 1:3 menunjukkan permukaan yang relatif tidak homogen dan berpori. Struktur mikropori ini terbentuk akibat proses pengeringan lambat yang menyebabkan udara menguap perlahan, membentuk rongga-rongga kecil pada permukaan *patch*. Fenomena ini sesuai dengan temuan Tummalapalli dkk. (2016), yang melaporkan bahwa pengeringan yang lambat menghasilkan struktur lebih berpori dibandingkan dengan suhu tinggi. Permukaan yang berpori ini memiliki keuntungan untuk aplikasi mukoadhesif, karena meningkatkan luas permukaan kontak dengan mukosa serta mendukung difusi cairan dan mengeluarkan obat secara bertahap. Namun demikian, permukaan yang tidak seragam dan terdapat retakan mikro menunjukkan bahwa sistem belum sepenuhnya homogen, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan viskositas antara larutan kitosan dan PVA serta ketiadaan *plasticizer* dalam formulasi. Szymańska & Winnicka (2015) juga menjelaskan bahwa kitosan tanpa *plasticizer* cenderung menghasilkan film yang rapuh dan mudah retak akibat sifat mekanik yang kurang fleksibel. Oleh karena itu, penambahan bahan seperti gliserol sebagai *plasticizer* dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan elastisitas *patch* pada formulasi selanjutnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Variasi konsentrasi PVA memengaruhi sifat fisikokimia membran berbasis kitosan, termasuk ketebalan, daya serap

(swelling), dan laju degradasi. Semakin tinggi konsentrasi PVA (rasio 1:3), membran menunjukkan peningkatan daya serap air hingga lebih dari 1000% dan ketahanan terhadap degradasi yang lebih baik, menjadikannya lebih stabil untuk aplikasi di rongga mulut. Konsentrasi PVA juga memengaruhi sifat mekanik membran, seperti kekuatan tarik (kohesivitas), elastisitas, dan adhesi. Patch dengan rasio kitosan:PVA 1:3 dan metode pengeringan suhu ruang menghasilkan sifat mekanik paling optimal dengan kohesivitas 0,38, elastisitas 1,90 mm, dan adhesi 59,85 mJ, yang sesuai untuk digunakan sebagai patch stomatitis aftosa.

B. Saran

Optimalisasi lebih lanjut diperlukan untuk konsentrasi PVA guna menyeimbangkan kekuatan mekanik, adhesi, dan *swelling* terkontrol agar *patch* bertahan optimal di rongga mulut. Perlu diinvestigasi metode pengendalian laju dan tingkat *swelling* ekstrem pada rasio Kitosan:PVA 1:1, seperti penggunaan agen *cross-linking* tambahan atau modifikasi proses pengeringan yang lebih presisi, demi mencegah disintegrasi *patch* yang terlalu cepat. Penambahan zat aktif pada formulasi *patch* juga penting untuk meningkatkan efektivitas terapi stomatitis aftosa melalui pelepasan terkontrol. Selanjutnya, diperlukan uji *in vitro* (jika ada zat aktif) dan *in vivo* pada model hewan untuk memvalidasi keamanan dan efikasi *patch*. Analisis morfologi permukaan dengan SEM perlu diintegrasikan untuk mengaitkan struktur dengan sifat fisikokimia dan mekanik yang diamati, serta menyelidiki variasi parameter pengeringan (suhu, waktu, kelembaban) secara lebih sistematis untuk memahami dampaknya pada struktur dan kinerja membran..

VI. REFERENSI

1. R. Mahmudah, N. Abdullah, A. Pratiwi, M. A. Hidayah, and R. Ismail, "Uji Efektifitas Ekstrak Etanol Pada Daun Ketepeng Cina (Cassia alata L.) Terhadap Mikroba Penyebab Sariawan (*Stomatitis Aphthosa*)," *jmpi*, vol. 4, no. 1, pp. 39–52, Jun. 2018, doi: 10.35311/jmpi.v4i1.23.
2. Hasri, "Prospek Kitosan dan Kitosan Termodifikasi Sebagai Biopolimer Alami yang Menjanjikan," *Jurnal Chemica*, vol. Vol. 11, pp. 1–10, Nomor Desember 2010.
3. B. Setha and F. Rumata, "Karakteristik Kitosan Dari Kulit Udang Vaname Dengan Menggunakan Suhu Dan Waktu Yang Berbeda Dalam Proses Deasetilasi," vol. 22, 2019.
4. V. Vatanpour, E. Salehi, N. Sahebamee, and M. Ashrafi, "Novel Chitosan/Polyvinyl Alcohol thin membrane adsorbents modified with detonation nanodiamonds: Preparation, characterization, and adsorption performance," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 13, no. 1, pp. 1731–1740, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.arabjc.2018.01.010.
5. Q. Jin *et al.*, "TPGS modified nanoliposomes as an effective ocular delivery system to treat glaucoma," *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 553, no. 1–2, pp. 21–28, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.ijpharm.2018.10.033.
6. J. Jayadevan, R. Alex, and U. Gopalakrishnanicker, "Deproteinised natural rubber latex grafted poly(dimethylaminoethyl methacrylate) – poly(vinyl alcohol) blend membranes: Synthesis, properties and application," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 107, pp. 1821–1834, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.10.042.
7. M. A. Elnaggar, H. A. N. El-Fawal, and N. K. Allam, "Biocompatible PCLnanofibers scaffold with immobilized fibronectin and laminin for neuronal tissue regeneration," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 119, p. 111550, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.msec.2020.111550.
8. M. Mahardika *et al.*, "Aplikasi Serat Alam Muntingia calabura sebagai Pengisi dalam Biokomposit Bermatriks Polivinil alkohol (PVA): Karakteristik Sifat Kuat Tarik dan Permukaan Patahan," *agroteknika*, vol. 4, no. 1, pp. 43–52, Jun. 2021, doi: 10.32530/agroteknika.v4i1.103.
9. N. M. D. S. Suena, I. G. A. A. K. Wardani, and N. P. U. Antari, "Formulasi Masker Peel Off Ekstrak Buah Naga Merah (*Hylocereus lemairei* Hook.) dan Pati Jagung dengan Variasi Konsentrasi Polyvinyl Alcohol (PVA)," *JINTO*, vol. 9, no. 2, pp. 127–136, Sep. 2023, doi: 10.36733/medicamento.v9i2.3576.
10. M. I. Baker, S. P. Walsh, Z. Schwartz, and B. D. Boyan, "A review of Polyvinyl Alcohol and its uses in cartilage and orthopedic applications," *J Biomed Mater Res*, vol. 100B, no. 5, pp. 1451–1457, Jul. 2012, doi: 10.1002/jbm.b.32694.
11. W. Setyaningsih, A. A. Santoso, and M. A. A. Siwi, "Formulasi Dan Evaluasi Fisik Masker Gel Peel-Off Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Dengan Variasi Konsentrasi Pva Dan Hpmc," vol. 01, no. 01, 2024.
12. R. A. Lusiana, D. Siswanta, and M. Mudasir, "Preparation of Citric Acid Crosslinked Chitosan/Poly(Vinyl Alcohol) Blend Membranes for Creatinine Transport," *Indones. J. Chem.*, vol. 16, no. 2, p. 144, Mar. 2018, doi: 10.22146/ijc.21157.
13. N. Istiqomah, "Pembuatan Hidrogel Kitosan – Glutaraldehid Untuk Aplikasi Penutup Luka Secara In Vivo".
14. K. Ogawa, T. Yui, and K. Okuyama, "Three D structures of Chitosan," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 34, no. 1–2, pp. 1–8, Apr. 2004, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2003.11.002.
15. Z. M. Brilliantari, A. Shofiyani, and L. Destiarti, "Sintesis Dan Karakterisasi Membran Kitosan Tercetak Ion Pada Permukaan Karbon (Kti-C) Untuk Peningkatan Permeabilitas Ion Fe(II)," vol. 6, 2017.
16. Y. Novi, T. A. Zaharah, and L. Destiarti, "SINTESIS

- DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KOMPOSIT KITOSAN-KAOLIN,” vol. 5, 2016.
17. K. Liu *et al.*, “Bacterial cellulose/*Chitosan* composite materials for biomedical applications,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 494, p. 153014, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.cej.2024.153014.
 18. D. Ciechańska, “Multifunctional bacterial cellulose/*Chitosan* composite materials for medical applications,” *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 12, pp. 69–72, Oct. 2004.
 19. S. G. S., A. Wulanawati, D. Deswita, and S. Sudirman, “Sintesis Bahan Dasar Tibial Tray Berbasis HDPE Yang Diperkuat Dengan Iradiasi Gamma,” *J.Kimia Kemasan*, vol. 36, no.1, Apr. 2014, doi: 10.24817/jkk.v36i1.1905.
 20. J. Venkatesan, P. A. Vinodhini, P. N. Sudha, and S.-K. Kim, “Chitin and *Chitosan* Composites for Bone Tissue Regeneration,” in *Advances in Food and Nutrition Research*, vol. 73, Elsevier, 2014, pp. 59–81. doi: 10.1016/B978-0-12-800268-1.00005-6
 21. R. K. Tubbs, “Sequence distribution of partially hydrolyzed poly(vinyl acetate),” *J. Polym. Sci. A-1 Polym. Chem.*, vol. 4, no. 3, pp. 623–629, Mar. 1966, doi: 10.1002/pol.1966.150040316.
 22. C. M. Hassan and N. A. Peppas, “Structure and Applications of Poly(vinyl alcohol) Hydrogels Produced by Conventional Crosslinking or by Freezing/Thawing Methods,” in *Biopolymers · PVA Hydrogels, Anionic Polymerisation Nanocomposites*, vol. 153, in *Advances in Polymer Science*, vol. 153. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000, pp. 37–65. doi: 10.1007/3-540-46414-X_2.
 23. J. R. Costa *et al.*, “Polymeric nanoparticles as oral delivery systems for a grape pomace extract towards the improvement of biological activities,” *Materials Science and Engineering: C*, vol. 119, p. 111551, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.msec.2020.111551.
 24. Y. S. Rane and J. O. Marston, “Computational study of fluid flow in tapered orifices for needle-free injectors,” *Journal of Controlled Release*, vol. 319, pp. 382–396, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jconrel.2020.01.013.
 25. M. D. Effendi and N. Suhendra, “Pengaruh Rasio HA/TCP terhadap Karakteristik Komposit BCP-Gelatin-CMC sebagai Bahan Injectable Bone Substitute,” *JITM*, vol. 1, no. 2, pp. 15–20, Jan. 2020, doi: 10.29122/jitm.v1i2.3837.
 26. regeneration,” *J Mater Sci: Mater Med*, vol. 29, no. 5, p. 59, May 2018, doi: 10.1007/s10856-018-6064-2.
 27. M. Ionita, M. A. Pandeale, and H. Iovu, “Sodium alginate/graphene oxide composite films with enhanced thermal and mechanical properties,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 94, no. 1, pp. 339–344, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.carbpol.2013.01.065.
 28. “9347.” Accessed: Dec. 16, 2024. [Online]: Available: <https://repository.ump.ac.id/9347/>
 29. “Agus-buku%20karakterisasi%20material.pdf.” Accessed: Dec. 16, 2024. [Online]. Available: http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._KI_MIA/19680803199
 30. 2031-AGUS_SETIABUDI/Agus buku%20karakterisasi%20material.pdf
 31. “journalcitations.” Accessed: Dec. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.scirp.org/journal/journalcitations?journalid=164>
 32. N. Alhaji, N. J. O’Reilly, and H. Cathcart, “Designing enhanced spray dried particles for inhalation: A review of the impact of excipients and processing parameters on particle properties,” *Powder Technology*, vol. 384, pp. 313–331, May 2021, doi: 10.1016/j.powtec.2021.02.031.
 33. C. X. F. Lam, D. W. Hutmacher, J. Schantz, M. A. Woodruff, and S. H. Teoh, “Evaluation of polycaprolactone scaffold degradation for 6 months *in vitro* and *in vivo*,” *J Biomedical Materials Res*, vol. 90A, no. 3, pp. 906–919, Sep. 2009, doi: 10.1002/jbm.a.32052.
 34. M. Parirokh, S. Askarifard, S. Mansouri, A. A. Haghdoost, M. Raoof, and M. Torabinejad, “Effect of phosphate buffer saline on coronal leakage of mineral trioxide aggregate,” *J Oral Sci*, vol. 51, no. 2, pp. 187–191, 2009, doi: 10.2334/josnusd.51.187.
 35. M. Lichtenauer *et al.*, “Phosphate Buffered Saline Containing Calcium and Magnesium Elicits Increased Secretion of Interleukin-1 Receptor Antagonist,” *Lab Med*, vol. 40, no. 5, pp. 290–293, May 2009, doi: 10.1309/LMBMG5A7NOVQBXWD.
 36. B. Piluharto, A. Sjaifullah, I. Rahmawati, and E. Nurharianto, “Membran Blend Kitosan/Poli Vinil Alkohol (PVA): Pengaruh Komposisi material blend, pH, dan Konsentrasi bahan Pengikat Silang,” *JKR*, vol. 2, no. 2, p. 77, Dec. 2017, doi: 10.20473/jkr.v2i2.6195.
 37. . Georgopoulou *et al.*, “*Chitosan*/gelatin scaffolds support bone
 38. A. W. Paramadini, P. Widiyanti, and D. I. Rudyardjo, “Effects of Collagen Concentration Variation toward Characteristics of Bacterial Cellulose- Collagen Biocomposites as Candidate of Artificial Dura Mater,” *JBBBE*, vol. 33, pp. 80–87, Jul. 2017, doi: 10.4028/www.scientific.net/JBBBE.33.80.
 39. F. Zia, K. M. Zia, M. Zuber, S. Rehman, S. Tabasum, and S. Sultana, “Synthesis and characterization of *Chitosan*/curcumin blends based polyurethanes,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 92, pp. 1074–1081, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.08.005.
 40. R. Ye *et al.*, “Synthesis, Characterization,

- Properties, and Biomedical Application of *Chitosan*-Based Hydrogels,” *Polymers*, vol. 15, no. 11, p. 2482, May 2023, doi: 10.3390/polym15112482.
41. J. Cui *et al.*, “Quaternary ammonium salts of *Chitosan* containing aromatic *ring*: Synthesis, characterization, antimicrobial, antioxidant and cytotoxicity,” *Carbohydrate Research*, vol. 552, p. 109431, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.carres.2025.109431.
42. “Vol.XXI.No.11DrATH.pdf.”
43. D. F. Zatalini, E. Hendradi, Philip Drake, and R. Sari, “The Effect of *Chitosan* and *Polyvinyl Alcohol* Combination on Physical Characteristics and Mechanical Properties of *Chitosan*-PVA-Aloe vera Film,” *JFIKI*, vol. 10, no. 2, pp. 151–161, Aug. 2023, doi: 10.20473/jfiki.v10i22023.151-161.
44. Bing Wei, “-Cyclodextrin associated polymeric systems: Rheology, flow behavior in porous media and enhanced heavy oil recovery performance” [Carbohydrate Polymers (2015) 398–405]. Vol. 143, 5 June 2016, Pages 336-337, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.008>
45. David Breslin, Yuichi Sato, Shyam B. Karki,”Mechanism of hydrolysis of a novel indolocarbazole topoisomerase I inhibitor”, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, Volume 39, Issue 5, 2010, Pages 291-297, ISSN 0928-0987, doi: 10.1016/j.ejps.2009.12.001.
46. E.Esposito, et.al, “Biodistribution of nanostructured lipid carriers: A tomographic study”, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, Volume 89, 2015, Pages 145-156, ISSN 0939-6411, doi: 10.1016/j.ejpb.2014.12.006.