

Efek Variasi Kitosan Terhadap Membran Pva-Asam Salisilat Dengan Metode Elektrosinning Untuk Aplikasi Patch Acne

Dhea Rahayu
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia

dhearahayu@student.telkomuniversity.ac.id

Adanti Wido Paramadini, S.T., M.Eng.
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia

adanti@telkomuniversity.ac.id

Nur Afifah Zen, S.Si., M.Si.
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia

nurafifahzen@telkomuniversity.ac.id

Acne vulgaris merupakan penyakit kulit inflamasi kronis dengan prevalensi global sebesar 9,48% dan menjadi salah satu masalah dermatologis yang umum. Penggunaan acne patch sebagai terapi topikal semakin banyak diminati karena kemampuannya memberikan kenyamanan dan efektivitas penghantaran obat yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi kitosan terhadap karakteristik kimia dan profil pelepasan senyawa aktif dari patch berbasis polivinil alkohol (PVA) dan asam salisilat (AS) menggunakan metode elektrosinning. Formulasi dibuat dengan variasi kitosan 1%, 2%, dan 3%. Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR untuk analisis struktur kimia, UV-Vis untuk uji pelepasan senyawa, dan SEM untuk morfologi serat. Hasil FTIR menunjukkan adanya interaksi gugus -OH, -NH₂, dan C=O, dengan kestabilan tertinggi pada konsentrasi kitosan 2%. Uji pelepasan menunjukkan bahwa kitosan 1% menghasilkan pelepasan cepat (burst release), sedangkan 3% menghambat pelepasan karena struktur serat yang lebih padat. Kitosan 2% menunjukkan profil pelepasan yang seimbang selama 24 jam. Berdasarkan hasil SEM, serat dengan kitosan 2% cukup seragam dan padat. Formulasi PVA/AS/kitosan 2% dinilai paling optimal sebagai patch jerawat topikal.

Kata kunci : *Acne vulgaris*, asam salisilat, kitosan, elektrosinning, PVA

I. PENDAHULUAN

Acne vulgaris adalah penyakit inflamasi kronis pada *pilosebaceous unit* dan termasuk penyakit dermatologis paling umum di dunia dengan prevalensi global sebesar 9,48%. Di Indonesia, kasusnya mencapai 87,5% dan sering menimbulkan dampak psikologis akibat gangguan penampilan [1]. Jerawat biasanya ditandai dengan lesi non-inflamasi (komedo) dan inflamasi (papula, pustula, nodul) yang muncul pada wajah, dada, atau punggung [2].

Salah satu bentuk terapi topikal yang berkembang adalah *acne patch*, yang menawarkan kenyamanan, kemudahan penggunaan, dan menurunkan risiko kontaminasi bakteri. *Patch* umumnya dibuat dari bahan polimer seperti PVA (Polyvinyl Alcohol), yang memiliki sifat biokompatibel, adhesif, transparan, dan mudah larut

dalam air, serta sering digunakan dalam formulasi topikal [3]. Namun, PVA memiliki keterbatasan sebagai agen antimikroba. Untuk meningkatkan aktivitas antibakteri, PVA dapat dikombinasikan dengan **kitosan**, biopolimer alami dengan sifat antimikroba, antiinflamasi, mukoadhesif, serta biokompatibel [4]. Kombinasi ini terbukti meningkatkan kekuatan mekanik dan efektivitas penyembuhan luka, meskipun kitosan sendiri memiliki kelemahan dalam hal integritas struktural [5].

Sebagai senyawa aktif, **asam salisilat** dipilih karena bersifat lipofilik dan mampu menembus pori-pori kulit. Senyawa ini juga memiliki efek keratolitik, antibakteri, dan antiinflamasi yang membantu meredakan jerawat [6]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi kitosan terhadap karakteristik membran PVA-asam salisilat yang disintesis menggunakan metode elektrosinning, guna menghasilkan *patch* jerawat yang efektif dan optimal dalam hal sifat fisik serta antibakteri.

II. KAJIAN TEORI

A. *Acne Vulgaris*

Acne vulgaris adalah penyakit kulit kronis yang umum terjadi, terutama pada remaja, akibat penyumbatan pori oleh sebum dan sel kulit mati yang memicu kolonisasi *Cutibacterium acnes* serta inflamasi [7]. Secara global, prevalensinya mencapai 9,48%, dengan kasus tertinggi pada wanita usia 20–29 tahun. Faktor penyebab bersifat multifaktorial, meliputi hormon, stres, kosmetik, dan infeksi bakteri. Patogenesisnya melibatkan stimulasi androgen terhadap kelenjar sebacea, peningkatan produksi sebum, hiperkeratinisasi, serta respon inflamasi oleh *C. acnes* [8]. Pencegahan dilakukan dengan menjaga kebersihan wajah dan pemilihan produk sesuai jenis kulit. Terapi umumnya berupa antibiotik, retinoid, atau benzoil peroksida. Inovasi seperti *acne patch* menjadi alternatif efektif karena meningkatkan kenyamanan, kepatuhan, dan mencegah kontaminasi bakteri [9].

B. *Transdermal Patch*

Acne patch merupakan bentuk sediaan *transdermal* yang digunakan untuk terapi topikal *acne vulgaris*.

Dibandingkan sediaan gel, krim, atau lotion, *acne patch* menawarkan keunggulan seperti penyerapan terkontrol, bioavailabilitas tinggi, minim efek samping, dan kemudahan pemakaian tanpa rasa sakit. *Patch* juga melindungi area jerawat dari kontaminasi dan gesekan, sehingga mempercepat penyembuhan dan mencegah perburukan inflamasi [10]. *Transdermal patch* bekerja dengan cara mengantarkan obat melalui kulit ke dalam sirkulasi sistemik. Obat yang digunakan harus memiliki berat molekul <600 Da, stabil secara kimia, dan mampu melewati epidermis [11]. Komponen patch meliputi zat aktif, polimer, *adhesive*, *backing*, *liner*, serta bahan tambahan seperti *plasticizer* dan *solvent*.

Terdapat dua jenis sistem utama:

- **Membrane-controlled**, di mana obat disimpan dalam reservoir dan dilepaskan secara bertahap melalui membran semipermeabel.
- **Matrix-controlled**, di mana obat terdispersi homogen dalam matriks polimer yang juga berfungsi sebagai media penghantar dan perekat [12].

C. Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintetik yang larut dalam air, bersifat hidrofilik, biokompatibel, dan non-toksik, sehingga banyak digunakan sebagai biomaterial dalam aplikasi medis. PVA berfungsi sebagai *film agent* dan *gelling agent* karena kemampuannya menyerap pelarut ke dalam matriks gel dan membentuk lapisan perekat yang baik pada kulit [13]. Konsentrasi PVA memengaruhi viskositas, pH, waktu kering, dan daya sebar. Semakin tinggi konsentrasinya, maka viskositas meningkat dan waktu pengeringan menjadi lebih lama karena peningkatan jumlah rantai polimer yang menahan pelarut. PVA memiliki rumus $[(C_2H_4OH)_x]$, berat molekul ± 26.300 – 30.000 g/mol, titik leleh 140 – 190 °C, dan titik didih 228 °C [14]. Jenis PVA seperti BP-05, BP-17, dan BP-24 dibedakan berdasarkan panjang rantai karbon yang memengaruhi viskositas larutan [15]. Dalam bidang medis, PVA digunakan dalam pembalut luka dan sistem penghantaran obat, meskipun sifat elastis dan aktivitas antimikrobanya masih terbatas [16].

D. Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami hasil deasetilasi kitin yang banyak digunakan dalam bidang biomedis, farmasi, dan kosmetik karena sifatnya yang biokompatibel, biodegradable, dan tidak toksik [17]. Kitosan memiliki aktivitas antimikroba yang luas terhadap bakteri gram positif, gram negatif, dan jamur. Aktivitas ini dipengaruhi oleh berat molekul, derajat deasetilasi, dan struktur kimianya yang mengandung gugus aminopolisakarida. Secara struktur, kitosan tersusun dari unit D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin yang terhubung melalui ikatan β -(1-4), dengan berat molekul bervariasi (50 – 1000 kDa) dan derajat deasetilasi antara 30 – 95% [18]. Derajat deasetilasi yang tinggi meningkatkan kelarutan dan aktivitas biologis kitosan. Namun, karena hanya larut dalam pelarut asam, penggunaannya terbatas pada sistem yang toleran terhadap pH rendah [19].

E. Asam Salisilat

Asam salisilat merupakan senyawa aktif yang umum digunakan dalam terapi topikal *acne vulgaris*. Zat ini bersifat keratolitik, komedolitik, dan antibakteri melalui kandungan senyawa fenolik dengan nilai KHM sebesar 250 – 500 $\mu\text{g/mL}$ [20]. Pada konsentrasi $0,5$ – 5% , asam salisilat juga memiliki efek antiinflamasi dengan menghambat sintesis prostaglandin [21]. Secara kimia, asam salisilat (*2-hydroxybenzoic acid*) memiliki rumus molekul $C_7H_6O_3$, pKa $2,97$, titik lebur 158 °C, dan sifat lipofilik yang membuatnya efektif dalam penetrasi lapisan epidermis. Hal ini menjadikannya ideal untuk aplikasi topikal, termasuk pada kelenjar sebacea dan folikel rambut [61]. Konsentrasi penggunaannya dalam kosmetik dibatasi hingga maksimal 2% sesuai regulasi BPOM RI No. HK.00.05.42.1018 tahun 2010 [22].

F. Elektrosinning

Elektrosinning adalah teknik untuk menghasilkan serat nano dengan menggunakan medan listrik tinggi untuk menarik larutan polimer dari jarum ke kolektor [23]. Proses ini dipengaruhi oleh sifat larutan (viskositas, tegangan permukaan), parameter proses (tegangan, laju alir, jarak jarum–kolektor), serta kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) [24]. Serat hasil elektrosinning memiliki ukuran pori kecil, luas permukaan besar, dan porositas tinggi. Teknologi ini digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk penghantaran obat, pembalut luka, dan scaffold jaringan. Polimer seperti kitosan banyak digunakan karena biokompatibilitas dan aktivitas antibakterinya [25].

G. Spektroskopi FTIR

Spektroskopi FTIR adalah teknik spektroskopi yang digunakan untuk menganalisis struktur molekul suatu senyawa berdasarkan penyerapan radiasi inframerah. Setiap ikatan kimia memiliki frekuensi vibrasi khas, dan frekuensi ini dipengaruhi oleh lingkungan molekul, sehingga spektrum inframerah bersifat unik untuk setiap senyawa. Karena itu, FTIR banyak digunakan dalam identifikasi senyawa organik, material, maupun senyawa farmasi [26]. Salah satu komponen utama FTIR adalah interferometer Michelson, yang membagi radiasi inframerah menjadi komponen frekuensinya. Teknik ini memungkinkan analisis molekul dalam bentuk gas, cair, maupun padat dengan tingkat presisi dan resolusi tinggi [27]. Penyerapan radiasi inframerah hanya terjadi jika vibrasi molekul menyebabkan perubahan momen dipol. Oleh karena itu, hanya molekul dengan aktivitas dipol yang dapat diamati menggunakan FTIR. Spektrum inframerah terbagi menjadi tiga wilayah: inframerah dekat (4000 – 14.000 cm^{-1}), tengah (400 – 4000 cm^{-1}), dan jauh (10 – 400 cm^{-1}). Wilayah inframerah tengah merupakan daerah paling umum untuk analisis gugus fungsi, karena mencakup vibrasi fundamental seperti regangan dan pembengkokan ikatan [28].

H. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan konsentrasi senyawa berdasarkan kemampuannya menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, umumnya dalam rentang 200 – 400 nm [29]. Teknik ini bekerja melalui interaksi

antara radiasi elektromagnetik dan gugus kromofor dalam molekul, yang menyebabkan transisi elektronik. Absorbansi yang diukur mewakili jumlah senyawa dalam larutan dan ditampilkan dalam bentuk grafik atau angka digital melalui detektor [30]. Pengukuran konsentrasi dilakukan menggunakan hukum Lambert-Beer:

$$A = \epsilon \times b \times c \quad (1)$$

dengan A = absorbansi, ϵ = koefisien ekstingsi molar, b = panjang lintasan cahaya, dan c = konsentrasi [31]. Spektrum UV-Vis umumnya berbentuk pita lebar akibat kombinasi transisi elektronik, vibrasi, dan rotasi dalam molekul. Nilai ϵ yang diperoleh dari spektrum memberikan informasi tentang jenis transisi dan keberadaan gugus kromofor dalam senyawa. Teknik ini digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis pelepasan asam salisilat berdasarkan absorbansi pada panjang gelombang maksimum 296 nm.

I. SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah teknik mikroskopi yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan sampel dengan resolusi tinggi. Prinsip kerja SEM didasarkan pada penembakan berkas elektron ke permukaan sampel dan deteksi elektron pantul (*backscattered electrons*) untuk membentuk citra permukaan [32]. Umumnya, SEM dilengkapi sistem *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) yang memungkinkan analisis komposisi unsur melalui spektrum sinar-X yang dihasilkan saat elektron berinteraksi dengan sampel [33]. Elektron dihasilkan oleh *electron gun* yang mengandung filamen sebagai katoda. Elektron dipercepat menuju anoda berlubang dan diarahkan oleh lensa magnetik menuju sampel. Sistem ini memungkinkan pengaturan fokus dan diameter berkas elektron yang mengenai objek [34]. Untuk sampel non-konduktif seperti polimer, diperlukan pelapisan emas (*gold coating*) guna meningkatkan konduktivitas permukaan dan mencegah distorsi citra selama pengamatan [35].

III. METODE

Penelitian terdiri dari 3 tahapan utama: pembuatan larutan, pembuatan membran dengan metode elektrosinning, dan karakterisasi membran.

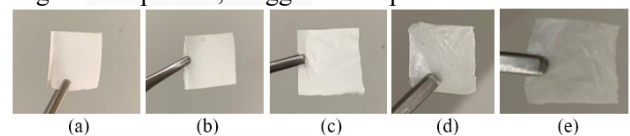
- A. **Pembuatan Larutan:** Larutan PVA dibuat dengan melarutkan 10 gram PVA dalam 100 mL aquades. Proses pelarutan dilakukan dengan memanaskan campuran hingga suhu 80°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga PVA larut sempurna. Larutan kitosan dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3% (w/v) dibuat menggunakan pelarut asam asetat 1% (v/v). Campuran kitosan dan asam asetat diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2-4 jam hingga kitosan larut sepenuhnya. Larutan asam salisilat dibuat dengan konsentrasi 2% (w/v) dengan melarutkan 2 gram asam salisilat dalam larutan asam asetat 1%. Dibuat sebanyak 5 variasi sampel: PVA (kontrol),

PVA/AS, PVA/AS/Ch_1%, PVA/AS/Ch_2%, dan PVA/AS/Ch_3%.

- B. **Fabrikasi Membran:** Larutan yang telah homogen dimasukkan ke dalam *syringe* berukuran 5 mL, kemudian diproses dengan metode elektrosinning pada tegangan 15 kV, laju alir 0,15 mL/jam, dan jarak antar jarum ke kolektor sejauh 15 cm. Serat-serat yang dihasilkan ditampung pada kolektor dan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Membran yang telah kering dilepaskan dari kolektor dan disimpan dalam kondisi steril untuk uji karakterisasi.
- C. **Karakterisasi Membran:** Uji FTIR dilakukan untuk menganalisis komposisi material dan melihat gugus fungsi dari ikatan kimia yang ada pada sampel. Uji pelepasan senyawa dilakukan secara *in vitro* dengan memantau konsentrasi asam salisilat yang terlepas dalam larutan PBS pH 7,4 pada interval waktu, 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 24 jam menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan topografi pada membran *patch acne* dengan perbesaran 500×, 1000×, 5000×, dan 10000×.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses elektrosinning berhasil menghasilkan 5 sampel membran dengan karakteristik visual yang berbeda. Secara visual, membran yang dihasilkan menunjukkan perbedaan karakteristik yang dipengaruhi oleh komposisi masing-masing sampel. Perbedaan ini dapat diamati dari warna, tingkat transparansi, hingga tekstur permukaan membran.

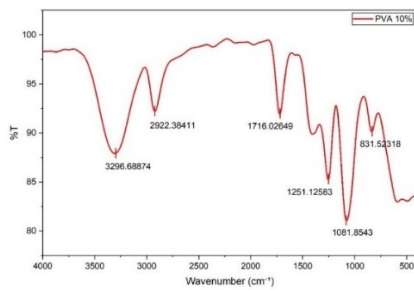


GAMBAR 1

VISUAL HASIL FABRIKASI MEMBRAN (A) PVA; (B) PVA/AS; (C) PVA/AS/CH_1%; (D) PVA/AS/CH_2%; (E) PVA/AS/CH_3%

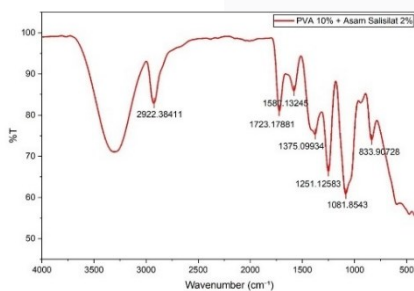
A. Hasil Uji FTIR

Pengujian spektrum FTIR menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada intensitas dan posisi bilangan gelombang tertentu, yang mengindikasikan adanya interaksi antarmolekul. Pada sampel PVA (kontrol), tampak puncak serapan kuat pada 3296,68 cm⁻¹ yang berasal dari gugus -OH, puncak serapan pada 2922,38 cm⁻¹ berkaitan dengan gugus C-H alifatik, dan puncak minor 1716,02 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=O. Penambahan asam salisilat menghasilkan puncak serapan baru pada 1723,18 cm⁻¹ yang diidentifikasi sebagai C=O dari gugus karboksilat asam salisilat, dan puncak pada 1580,13 cm⁻¹ berkaitan dengan ikatan gugus C=C aromatik. Pada sampel dengan penambahan kitosan, terjadi perubahan signifikan terutama pada intensitas puncak yang berkaitan dengan gugus amina dan amida. Formulasi dengan kitosan 2% menunjukkan spektrum paling stabil, menandakan kestabilan struktur kimia dalam matriks.



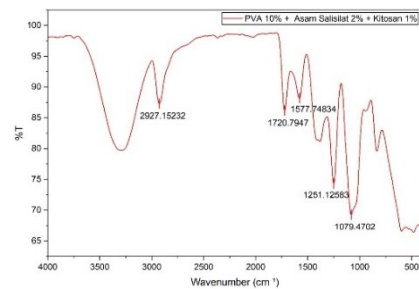
GAMBAR 2
SPEKTRUM FTIR MEMBRAN PVA (KONTROL)

Spektrum FTIR membran PVA kontrol (**Gambar 2**) menunjukkan karakteristik puncak serapan yang khas untuk polimer ini. Puncak serapan kuat dan lebar pada $3296,68\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi stretching gugus -OH, yang menunjukkan tingginya konsentrasi gugus hidroksil dalam struktur PVA serta kemungkinan pembentukan ikatan hidrogen antar rantai polimer. Puncak pada $2922,38\text{ cm}^{-1}$ berkorelasi dengan vibrasi stretching C-H alifatik (metilen) dari rantai utama PVA. Keberadaan puncak minor pada $1716,02\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan gugus C=O (karbonil) yang kemungkinan berasal dari residu vinil asetat yang belum terhidrolisis sempurna selama proses pembuatan PVA. Puncak serapan pada $1251,12\text{ cm}^{-1}$ dan $1081,85\text{ cm}^{-1}$ masing-masing menunjukkan vibrasi gugus C-O-C dan C-O yang merupakan karakteristik gugus alkohol sekunder dalam struktur PVA. Puncak tambahan pada $831,52\text{ cm}^{-1}$ diidentifikasi sebagai vibrasi deformasi luar bidang C-H yang mengkonfirmasi struktur polimer alifatik.



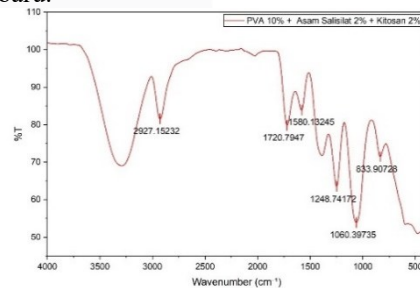
GAMBAR 3
SPEKTRUM FTIR MEMBRAN PVA/AS

Gambar 3 menunjukkan adanya inkorporasi asam salisilat ke dalam matriks PVA menghasilkan modifikasi spektrum yang signifikan. Puncak serapan pada $1723,18\text{ cm}^{-1}$ diidentifikasi sebagai vibrasi stretching C=O dari gugus karboksilat asam salisilat. Pergeseran dari posisi awal ($1716,02\text{ cm}^{-1}$ pada sampel kontrol) mengindikasikan terjadinya interaksi ikatan hidrogen antara gugus C=O asam salisilat dengan gugus -OH dari PVA. Munculnya puncak baru pada $1580,13\text{ cm}^{-1}$ berkorelasi dengan vibrasi stretching C=C aromatik dari struktur cincin fenolik asam salisilat. Puncak pada $1375,09\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi bending O-H fenolik, sedangkan puncak pada $833,91\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi deformasi luar bidang C-H dari cincin aromatik. Keberadaan puncak-puncak ini mengkonfirmasi keberhasilan integrasi asam salisilat ke dalam membran tanpa degradasi struktur dasar polimer, yang ditunjukkan oleh persistensi puncak PVA pada $1251,12\text{ cm}^{-1}$ dan $1081,85\text{ cm}^{-1}$.



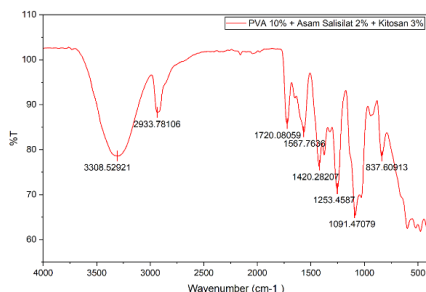
GAMBAR 4
SPEKTRUM FTIR MEMBRAN PVA/AS/CH_1%

Penambahan kitosan 1% menghasilkan modifikasi spektrum yang mengindikasikan interaksi antarmolekul yang kompleks. Pada **Gambar 4** menunjukkan puncak pada $1720,79\text{ cm}^{-1}$ tetap menunjukkan keberadaan gugus C=O dari asam salisilat. Puncak pada $1577,74\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan kombinasi vibrasi N-H bending (amida II) dari gugus amina primer kitosan dan kemungkinan tumpang tindih dengan vibrasi C=C aromatik. Persistensi puncak pada $2975,15\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa backbone alifatik PVA tidak mengalami perubahan struktural. Puncak pada $1251,12\text{ cm}^{-1}$ dan $1079,47\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi gabungan gugus C-O dari PVA dan kemungkinan C-N dari kitosan. Pelebaran puncak pada 3300 cm^{-1} menunjukkan peningkatan densitas gugus -OH dan -NH₂, yang memperkuat evidensi terjadinya interaksi ikatan hidrogen antarkomponen tanpa pembentukan ikatan kovalen baru.



GAMBAR 5
SPEKTRUM FTIR MEMBRAN PVA/AS/CH_2%

Peningkatan konsentrasi kitosan menjadi 2% menunjukkan penguatan intensitas puncak-puncak serapan utama (**Gambar 5**). Stabilitas puncak pada $1720,79\text{ cm}^{-1}$ tanpa pergeseran mengindikasikan kestabilan gugus karbonil asam salisilat. Peningkatan intensitas puncak pada $1580,13\text{ cm}^{-1}$ dibandingkan dengan sampel kitosan 1% menandakan peningkatan jumlah gugus amida II dan penguatan interaksi antarmolekul. Konsistensi puncak pada $2927,15\text{ cm}^{-1}$ (C-H stretching), $1248,74\text{ cm}^{-1}$ (C-O atau C-N stretching), dan $1060,39\text{ cm}^{-1}$ (C-O alkohol) menunjukkan tidak terjadinya degradasi struktur kimia. Persistensi puncak pada $833,90\text{ cm}^{-1}$ dari deformasi C-H aromatik mengkonfirmasi stabilitas struktur fenolik asam salisilat.



GAMBAR 6
SPEKTRUM FTIR MEMBRAN PVA/AS/CH_3%

Pada **Gambar 6** dengan konsentrasi kitosan tertinggi (3%), spektrum menunjukkan puncak serapan paling lebar pada 3308,52 cm^{-1} yang merepresentasikan kombinasi vibrasi stretching gugus -OH (PVA dan asam salisilat) dan -NH₂ (kitosan). Puncak pada 2933,78 cm^{-1} menunjukkan kestabilan gugus C-H alifatik dari rantai utama polimer. Puncak pada 1729,08 cm^{-1} menunjukkan gugus C=O asam salisilat yang tetap stabil tanpa pembentukan ikatan kimia baru. Intensifikasi puncak pada 1567,76 cm^{-1} mengindikasikan peningkatan interaksi yang melibatkan gugus amina kitosan, mendukung pembentukan jaringan ikatan hidrogen yang lebih rapat. Puncak pada 1420,28 cm^{-1} menunjukkan gugus O-H fenolik dari cincin aromatik asam salisilat. Konsistensi puncak pada 1253,46 cm^{-1} (C-O-C dan C-N), 1091,47 cm^{-1} (C-O alkohol sekunder), dan 837,61 cm^{-1} (deformasi C-H aromatik) mengkonfirmasi bahwa struktur molekular tidak mengalami degradasi hingga konsentrasi kitosan tertinggi.

B. Hasil Uji Pelepasan Senyawa

Uji pelepasan senyawa dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode disolusi dengan medium phosphate buffered saline (PBS) pH 7,4. Sampel membran dengan dimensi 1,4 × 1,4 cm direndam dalam 5 mL larutan PBS pada suhu ruang. Pada interval waktu tertentu (1, 2, 3, 4, dan 24 jam), sebanyak 40 μL sampel diambil dan diencerkan hingga volume 2 mL. Konsentrasi asam salisilat yang terlepas dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 296 nm.

TABEL 1
ABSORBANSI ASAM SALISILAT DARI MEMBRAN
ELEKTROSPUN PADA λ 296 NM (MG/ML)

Waktu	Sample				
	PVA 10%	PVA/AS	PVA/A S/Ch_1 %	PVA/A S/Ch_2 %	PVA/A S/Ch_3 %
1 jam	0,043	0,043	0,064	0,054	0,049
2 jam	0,029	0,044	0,038	0,033	0,043
3 jam	0,037	0,049	0,046	0,051	0,053
24 jam	0,001	0,010	0,061	0,008	0,010

Pada fase awal (1 jam), sampel kontrol PVA dan PVA/AS menunjukkan nilai absorbansi identik (0,043 mg/mL), mengindikasikan belum terjadinya pelepasan senyawa aktif yang signifikan. Hal ini dapat dikaitkan dengan terbatasnya penetrasi medium disolusi ke dalam struktur serat atau belum terbukanya pori-pori membran secara optimal. Sebaliknya, formulasi dengan penambahan

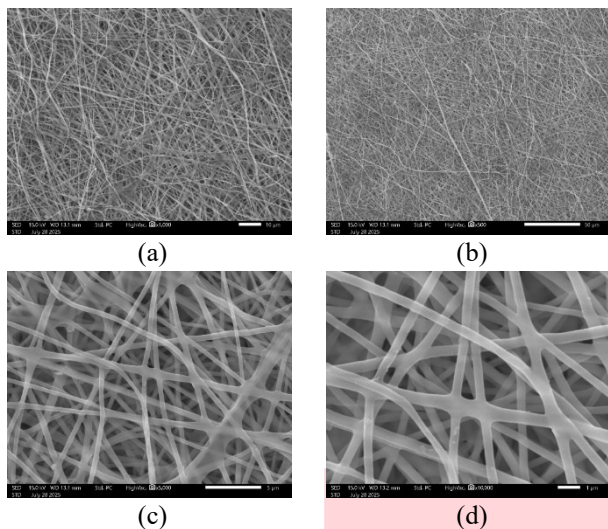
kitosan menunjukkan peningkatan absorbansi yang signifikan. Sampel PVA/AS/Ch_1% menunjukkan absorbansi tertinggi (0,064 mg/mL), diikuti oleh PVA/AS/Ch_2% (0,054 mg/mL) dan PVA/AS/Ch_3% (0,049 mg/mL). Fenomena ini mengindikasikan bahwa penambahan kitosan, khususnya pada konsentrasi rendah, dapat mempercepat pelepasan asam salisilat pada fase awal melalui peningkatan hidrofilisitas dan pembentukan jalur difusi yang lebih efektif.

Pada waktu 2 jam, seluruh formulasi mengalami penurunan absorbansi kecuali PVA/AS yang mengalami peningkatan minimal menjadi 0,044 mg/mL. Formulasi dengan kitosan menunjukkan konvergensi nilai absorbansi: PVA/AS/Ch_1% (0,038 mg/mL), PVA/AS/Ch_2% (0,033 mg/mL), dan PVA/AS/Ch_3% (0,043 mg/mL). Penurunan ini mengindikasikan terjadinya deplesi senyawa aktif dari lapisan permukaan membran setelah *burst release* awal. Setelah 3 jam, seluruh sampel menunjukkan peningkatan absorbansi. PVA/AS/Ch_3% mengalami peningkatan paling signifikan (0,053 mg/mL), diikuti PVA/AS/Ch_2% (0,051 mg/mL), sementara PVA/AS/Ch_1% menunjukkan peningkatan minimal (0,046 mg/mL). Pola ini mengindikasikan bahwa formulasi dengan konsentrasi kitosan tinggi memiliki karakteristik *sustained release* yang lebih baik, dimana pelepasan berlangsung secara bertahap dan terkontrol.

Evaluasi pada 24 jam menunjukkan perubahan dramatis dalam profil pelepasan. Sampel kontrol PVA menunjukkan absorbansi minimal (0,001 mg/mL), mengkonfirmasi tidak adanya senyawa aktif yang dapat dilepas. PVA/AS juga menunjukkan absorbansi rendah (0,010 mg/mL), mengindikasikan deplesi senyawa aktif atau keterbatasan difusi dari matriks membran. Menariknya, PVA/AS/Ch_1% menunjukkan absorbansi tertinggi (0,061 mg/mL), sementara PVA/AS/Ch_2% dan PVA/AS/Ch_3% menunjukkan absorbansi rendah (0,008 dan 0,010 mg/mL, respectively). Fenomena pada PVA/AS/Ch_1% mengindikasikan terjadinya *delayed release*, dimana senyawa aktif dari bagian dalam serat dilepaskan setelah periode imbibisi yang memadai. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi *burst release* pada fase awal, struktur dengan kitosan 1% masih mempertahankan reservoir senyawa aktif untuk pelepasan jangka panjang.

C. Hasil Uji SEM

Analisis morfologi permukaan membran dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) Jeol JCM-7000 pada perbesaran 500×, 1000×, 5000×, dan 10000×. Sampel yang dianalisis meliputi membran PVA 10% (kontrol) dan membran PVA/AS/Ch_2% untuk mengevaluasi pengaruh inkorporasi kitosan dan asam salisilat terhadap struktur mikroskopik serat. Pengujian bertujuan untuk menilai distribusi serat, homogenitas morfologi, diameter serat, dan keberadaan cacat struktural.



GAMBAR 4.1

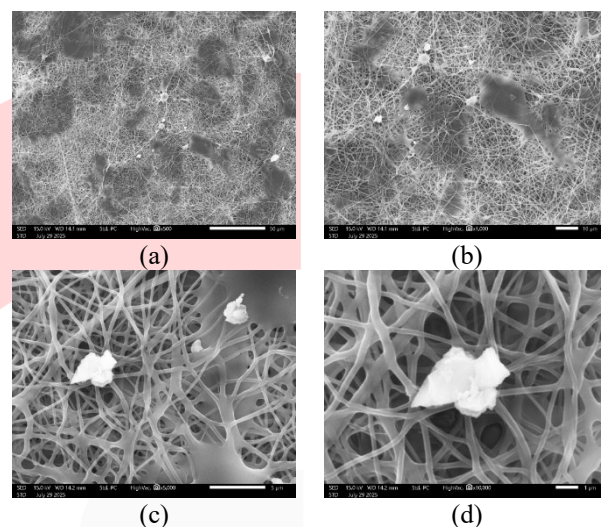
CITRA SEM MEMBRAN PVA 10% PADA PERBESARAN (A) 500×, (B) 1000×, (C) 5000×, DAN (D) 10000×

Seperti terlihat pada **Gambar 4.10a** (perbesaran 500×), membran PVA menunjukkan jaringan serat dengan orientasi acak (*randomly oriented*) yang terdistribusi homogen di seluruh permukaan membran. Pada gambar tersebut tampak bahwa arsitektur serat menunjukkan karakteristik elektrospinning yang optimal, ditandai dengan tidak adanya agregasi dan *beads* yang umumnya mengindikasikan ketidakstabilan jet selama proses. Hal ini mengkonfirmasi bahwa larutan PVA 10% memiliki viskositas optimal yang menghasilkan aliran jet kontinu dan stabil. Sedangkan pada **Gambar 4.10b** (perbesaran 1000×), detail struktur jaringan serat menjadi lebih jelas dengan pola penyilangan yang menunjukkan distribusi serat yang merata. Pada gambar ini terlihat bahwa tidak ditemukan fusi antar serat atau penumpukan material berlebihan, menghasilkan pembentukan pori-pori antarserat yang seragam. Karakteristik porositas yang konsisten ini berperan penting dalam mendukung permeabilitas udara dan kelembaban, yang esensial untuk aplikasi topikal.

Berdasarkan **Gambar 4.10c** (perbesaran 5000×), morfologi serat individual menunjukkan permukaan yang halus tanpa defek struktural seperti granularitas, *air pockets*, atau retakan permukaan. Pada gambar ini tampak bahwa observasi ini mengindikasikan penguapan pelarut yang sempurna sebelum serat mencapai kolektor, menghasilkan pembentukan serat yang utuh tanpa gangguan solidifikasi. Terlihat bahwa bentuk serat menunjukkan geometri silindris dengan struktur homogen tanpa penyempitan lokal atau deformasi yang mengindikasikan stabilitas jet elektrostatis. Konsistensi diameter serat yang diamati pada gambar menunjukkan kontrol proses elektrospinning yang baik. Terlihat jelas bahwa tidak adanya variasi ekstrem dalam diameter serat mengkonfirmasi stabilitas laju alir larutan dan kekuatan medan listrik selama proses. Ketiadaan *beads* sebagaimana tampak pada gambar memperkuat evidensi bahwa parameter proses (laju alir, voltase, dan jarak kolektor) berada dalam rentang optimal.

Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10d** (perbesaran 10000×), analisis kuantitatif diameter serat

menunjukkan distribusi dalam rentang 220-410 nm dengan rata-rata 300-350 nm. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa distribusi diameter yang seragam ini mengindikasikan kondisi proses elektrospinning yang optimal dan konsisten. Ukuran serat dalam kategori nanofiber yang terlihat pada gambar berkontribusi positif terhadap kontrol kinetika pelepasan senyawa aktif dari matriks polimer. Homogenitas diameter serat yang tampak jelas pada gambar mengkonfirmasi tidak terjadinya *over-spinning* (diameter terlalu kecil menyebabkan putus serat) maupun *under-spinning* (diameter berlebihan menyebabkan *flattening*).



GAMBAR 4.2

CITRA SEM MEMBRAN PVA/AS/CH_2% PADA PERBESARAN (A) 500×, (B) 1000×, (C) 5000×, DAN (D) 10000×

Berdasarkan **Gambar 4.11a** (perbesaran 500×), membran menunjukkan jaringan serat dengan orientasi acak dan densitas yang relatif tinggi. Meskipun pada gambar tersebut terlihat bahwa struktur serat terdistribusi merata mengindikasikan stabilitas proses elektrospinning, tampak jelas teridentifikasi partikel berukuran relatif besar yang tersebar di permukaan membran. Partikel yang terlihat pada gambar ini kemungkinan merupakan agregat kitosan atau kristal asam salisilat yang tidak terdispersi sempurna dalam larutan prekursor. Sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4.11b** (perbesaran 1000×), observasi menunjukkan distribusi serat yang lebih jelas dengan pembentukan pori-pori antarserat yang memadai untuk difusi. Namun, pada gambar ini tampak jelas keberadaan partikel padat dengan ukuran signifikan lebih besar dari diameter serat yang mengindikasikan ketidakoptimalan homogenisasi larutan selama pencampuran komponen.

Berdasarkan pengamatan pada **Gambar 4.11c** (perbesaran 5000×), serat menunjukkan geometri silindris dengan orientasi acak tanpa indikasi kerusakan struktural, fusi, atau deformasi. Namun, pada gambar tersebut tampak semakin jelas partikel besar yang menempel pada jaringan serat, yang diduga sebagai agregat kitosan atau kristal asam salisilat yang tidak terlarut sempurna. Keberadaan partikel yang terlihat pada gambar ini memiliki implikasi ganda: (1) berpotensi berfungsi sebagai *drug depot* yang melepaskan

zat aktif secara berkelanjutan, atau (2) dapat mengganggu homogenitas membran, mengurangi kenyamanan aplikasi topikal, dan menyebabkan distribusi senyawa aktif yang tidak merata. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.11d** (perbesaran 10000×), struktur individual nanofiber menunjukkan diameter dalam rentang 200-500 nm yang relatif seragam. Pada gambar ini terlihat jelas agregat sebagai massa padat yang menempel pada permukaan serat tanpa terintegrasi ke dalam struktur serat. Fenomena yang tampak pada gambar ini mengindikasikan bahwa partikel tidak terinkorporasi dalam aliran jet selama elektrospinning, kemungkinan disebabkan oleh viskositas larutan yang berlebihan atau homogenisasi yang tidak memadai.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efek variasi kitosan terhadap membran PVA-asam salisilat menggunakan metode elektrospinning untuk aplikasi patch acne, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi kitosan berpengaruh signifikan terhadap karakteristik kimia, morfologi, dan profil pelepasan senyawa dari membran. Penambahan kitosan memengaruhi interaksi antargugus fungsi, yang ditunjukkan oleh pergeseran bilangan gelombang pada spektrum FTIR, khususnya pada daerah peregang -OH dan -NH yang menunjukkan interaksi hidrogen antara PVA, kitosan, dan asam salisilat. Formulasi dengan kitosan 2% menunjukkan intensitas puncak yang menandakan ikatan yang lebih kuat dan stabil dibandingkan konsentrasi lain.

Karakterisasi morfologi menggunakan SEM menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan 2% menghasilkan struktur serat yang lebih seragam dengan distribusi diameter yang relatif homogen dan sedikit *beads*. Pada konsentrasi 1%, serat tampak kurang terbentuk sempurna dan masih menunjukkan adanya tetesan (*droplet*), sedangkan pada konsentrasi 3% terjadi peningkatan viskositas yang menyebabkan agregasi serat dan ketidakteraturan morfologi. Dalam uji pelepasan senyawa aktif menggunakan spektrofotometri UV-Vis, formulasi kitosan 2% menunjukkan pelepasan asam salisilat yang lebih terkendali dan bertahap dalam rentang waktu 1 hingga 24 jam dibandingkan dengan formulasi 1% dan 3%. Hal ini menunjukkan bahwa membran dengan komposisi PVA-asam salisilat dan 2% kitosan memiliki kemampuan mengendalikan pelepasan senyawa aktif secara optimal.

Dengan demikian, formulasi terbaik diperoleh pada membran dengan penambahan kitosan 2%, yang menunjukkan interaksi kimia antar komponen yang lebih stabil, morfologi serat yang seragam, dan profil pelepasan senyawa yang sesuai untuk aplikasi patch topikal dalam penanganan *acne vulgaris*.

REFERENSI

- [1] A. Hwee, S. Heng, and F. T. Chew, "Systematic review of the epidemiology of acne vulgaris," pp. 1–29, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-62715-3.
- [2] J. Q. Del Rosso and L. Kircik, "The primary role of sebum in the pathophysiology of acne vulgaris and its therapeutic relevance in acne management," *J. Dermatolog. Treat.*, vol. 35, no. 1, p., 2024, doi: 10.1080/09546634.2023.2296855.
- [3] T. I. Sari, P. Susmanto, M. H. Dahlan, N. I. Kamega, and A. Pratiwi, "Pembuatan Hidrogel Berbasis Polivinil Alkohol (PVA)/Karboksimetil Selulosa (CMC)/Minyak Asiri Serai Menggunakan Metode Chemical Crosslinked," *J. Integr. Proses*, vol. 13, no. 1, pp. 43–51, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- [4] P. Luka, D. Cmc, and D. A. N. Glukomanan, "Biopolimer Dari Kitosan-Collagen Untuk Aplikasi Pembalut Luka Dengan CMC dan Glukomanan Sebagai Bahan Ikat Silang," vol. 1, no. Mei, pp. 74–85, 2023.
- [5] N. Wanda *et al.*, "Perbandingan karakteristik biokomposit kitosan - pektin untuk pembalut luka primer dengan menggunakan cmc (karboksimetil selulosa) dan alginat," vol. 5, no. Oktober, pp. 735–749, 2023.
- [6] A. Nafila, D. Nursanto, R. Sintowati, and R. Pramuningtyas, "The Effectiveness Of Salicylic acid Therapy In Mild and Moderate Acne Vulgaris," *MAGNA MEDICA Berk. Ilm. Kedokt. dan Kesehat.*, vol. 11, no. 1, p. 71, 2024, doi: 10.26714/magnamed.11.1.2024.71-82.
- [7] O. Kutlu, A. S. Karadag, and U. Wollina, "Adult acne versus adolescent acne : a narrative review with a focus on epidemiology to treatment," *An. Bras. Dermatol.*, vol. 98, no. 1, pp. 75–83, 2023, doi: 10.1016/j.abd.2022.01.006.
- [8] A. Rao, S. C. Douglas, and J. M. Hall, "Endocrine Disrupting Chemicals, Hormone Receptors, and Acne Vulgaris: A Connecting Hypothesis," *Cells*, vol. 10, no. 6, p. 1439, 2021.
- [9] C. O. Nulpriatna, L. R. Rizkuloh, and Susanti, "Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan Acne Patch Ekstrak Daun Jambu Biji Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*," *Perjuangan Nat. Pharm. Conf.*, vol. 1, no. 1, pp. 153–169, 2024.
- [10] Y. Surpiadi and S. Sherlyke, "Formulasi Dan Evaluasi Sediaan Transdermal Patch Ekstrak Kulit Buah Apel Manalagi (*Malus Sylvestris L . Mill*)," *J. Pharm. Sci. Clin. Pharm.*, vol. 01, no. 02, pp. 59–66, 2023.
- [11] S. Khan and T. Sharman, "Transdermal Medications." [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556035/>
- [12] W. F. Wong, K. P. Ang, G. Sethi, and C. Y. Looi, "Recent Advancement of Medical Patch for Transdermal Drug Delivery," *Medicina (B. Aires).*, vol. 59, no. 4, p. 778, 2023.
- [13] D. E. Ermawati and L. P. Adi, "Pengaruh Konsentrasi Polivinil Alkohol terhadap Sifat Fisik dan Kimia Sediaan Peel-off Mask Ekstrak Etanol Kayu Secang (*Caesalpinia sappan L.*)," *J. Appl. Agric. Heal. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–53, 2023, doi: 10.20961/jaht.v2i1.638.
- [14] E. S. Iriani, K. Wahyuningsih, T. C. Sunarti, and A. W. Permana, "Sintesis Nanoselulosa Dari Serat Nanas Dan Aplikasinya Sebagai Nanofiller Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol," *J. Penelit. Pascapanen Pertan.*, vol. 12, no. 1, p. 11, 2015, doi: 10.21082/jpasca.v12n1.2015.11-19.
- [15] T. Muharam, D. Fitriani, D. Fataya Miftahul

- Jannah, M. Zidan Al Ghifari, and R. Pasonang Sihombing, "Karakteristik Daya Serap Air Dan Biodegradabilitas Pada Bioplastik Berbasis Pati Singkong Dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol," *Pros. Snast*, no. November, pp. D35-49, 2022, doi: 10.34151/prosidingsnast.v8i1.4152.
- [16] P. Chocholata, V. Kulda, J. Dvorakova, J. K. Dobra, and V. Babuska, "Biological evaluation of polyvinyl alcohol hydrogels enriched by hyaluronic acid and hydroxyapatite," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 21, no. 16, pp. 1–11, 2020, doi: 10.3390/ijms21165719.
- [17] S. N. R. Ningsih, E. Tania, N. N. Azizah, S. L. Lutfiah, and N. S. Gunarti, "Aktivitas Antibakteri Kitosan Dari Berbagai Jenis Bahan Baku Hewani: Review Journal," vol. 2, no. 4, pp. 25–30, 2022.
- [18] K. Jafrenik *et al.*, "Chitosan-Based Nanoparticles as Effective Drug Delivery Systems—A review," *Molecules*, vol. 28, no. 4, pp. 1–17, 2023, doi: 10.3390/molecules28041963.
- [19] E. Cohen and E. Poverenov, "Hydrophilic Chitosan Derivatives: Synthesis and Applications," *Chem. - A Eur. J.*, vol. 28, no. 67, 2022, doi: 10.1002/chem.202202156.
- [20] N. I. U. Azmi, A. P. Widiyana, and Y. Purnomo, "Pengaruh Jenis Basis Krim Terhadap Pelepasan Senyawa Aktif Antibakteri Asam Salisilat Pada Media Staphylococcus Aureus the Effect of Cream Base Type on the Release of Active Antibacterial Compounds of Salicylic Acid on Staphylococcus Aureus Media," *J. Bio Komplementer Med.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–7, 2022.
- [21] T. N. Wijayanti, K. Etnawati, and Soedarmadi, "Efektivitas Asam Salisilat 2% Pada Akne Inflamasi," 2001.
- [22] BPOM RI, "Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 17 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 23 Tahun 2019 Tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetika," 2022.
- [23] Z. Helga, L. Wibowo, N. Syakir, F. Faizal, and L. Safriani, "Karakteristik serat nano pva yang dibuat menggunakan elektrospinning dengan kolektor statik," vol. 12, no. 01, pp. 26–33, 2023.
- [24] P. Sistem, P. Nanofiber, E. Widiyanto, J. Sumarjo, and A. Santosa, "Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning sebagai Teknologi dalam Pembuatan Nanofiber," *J. Inov. Vokasional dan Teknol. Vol.*, vol. 18, no. 2, pp. 101–108, 2020, doi: 10.24036/invotek.v18i2.394.
- [25] T. Mutia, E. Novarini, and R. S. Gustiani, "Preparasi Dan Karakterisasi Membran Serat Nano Polivinil Alkohol/Gelatin Dengan Antibiotika Topikal Menggunakan Metode Electrospinning," *Arena Tekst.*, vol. 35, no. 2, p. 95, 2020, doi: 10.31266/at.v35i2.5867.
- [26] siti Silviyah, C. S. Widodo, and Masruroh, "Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma," *Pharm. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 19–27, 2019.
- [27] S. Cholifaf, "Penggunaan Metode Ftir (Fourier Transform Infra Red) Untuk Studi Analisis Gugus Fungsi Sampel Minyak Goreng Dengan Perlakuan Variasi Pemanasan," *Fis. FMIPA UNDIP*, pp. 59–64, 2018.
- [28] A. B. D. Nandiyanto, R. Oktiani, and R. Ragadhita, "How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material," *Indones. J. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 97–118, 2019, doi: 10.17509/ijost.v4i1.15806.
- [29] R. Satria, A. R. Hakim, and P. V. Darsono, "Penetapan Kadar Flavonoid Total Dari Fraksi n-Heksana Ekstrak Daun Gelinggang dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis," *J. Eng. Technol. Appl. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–46, 2022, doi: 10.36079/lamintang.jetas-0401.353.
- [30] M. Taupik, M. Adam Mustapa, and S. Sitti Gonibala, "Analisis Kadar Rhodamin B Pada Blush-On Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis," *Indones. J. Pharm. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 119–126, 2021, doi: 10.37311/ijpe.v1i2.10666.
- [31] R. A. Pratiwi, A. B. D. Nandiyanto, A. Bayu, and D. Nandiyanto, "How to Read and Interpret UV-VIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds," *Indones. J. Educ. Res. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–20, 2022.
- [32] A. F. Septiano, S. Susilo, and N. E. Setyaningsih, "Analisis Citra Hasil Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR)," *Indones. J. Math. Nat. Sci.*, vol. 44, no. 2, pp. 81–85, 2021, doi: 10.15294/ijmns.v44i2.33143.
- [33] M. Masthura, "Pengaruh Penambahan Abu Kulit Cacao terhadap Sifat Mekanik dan Morfologi Bata Merah," vol. 2, no. 2, 2023.
- [34] "Scanning Electron Microscopy," JoVE Science Education. Accessed: Dec. 16, 2024. [Online]. Available: <https://app.jove.com/v/5656/scanning-electron-microscopy-sem-operation-image-analysis?trialstart=1&redirectTo=https://app.jove.com/v/5656/scanning-electron-microscopy-sem-operation-image-analysis>
- [35] Balai Konservasi Borobudur, "Scanning Electron Microscope," Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. [Online]. Available: <https://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bkborobudur/scanning-electron-microscope/>