

**ANALISIS FISIKA *NANOFIBER* PVDF/EKSTRAK DAUN
SIRIH MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE
METHODOLOGY* (RSM) UNTUK MASKER MEDIS SEBAGAI
KONTRIBUSI PADA MATA KULIAH PENDAHULUAN
FISIKA ZAT PADAT**

SKRIPSI

Oleh

Marsya Amalia Putri

NIM : 06111382025045

Program Studi Pendidikan Fisika



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS FISIKA NANOFIBER PVDF/EKSTRAK DAUN SIRIH
MENGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)
UNTUK MASKER MEDIS SEBAGAI KONTRIBUSI PADA MATA
KULIAH PENDAHULUAN FISIKA ZAT PADAT**

SKRIPSI

Marsya Amalia Putri

NIM : 06111382025045

Program Studi Pendidikan Fisika

Mengesahkan :

Koordinator Program Studi,



**Saparini, S.Pd., M.Pd.
NIP. 198610052015042002**

Pembimbing,



**Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si.
NIP. 197811082001122002**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



**Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197905222005011005**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marsya Amalia Putri

NIM : 06111382025045

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh – sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Fisika *Nanofiber* PVDF/Ekstrak Daun Sirih Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) Untuk Masker Medis Sebagai Kontribusi Pada Mata Kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, 21 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



Marsya Amalia Putri

NIM. 06111382025045

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Analisis Fisika *Nanofiber* PVDF/Ekstrak Daun Sirih Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) Untuk Masker Medis Sebagai Kontribusi Pada Mata Kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat yang telah diberikan kepada hamba-Nya ini hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik-baiknya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ida Sriyanti. S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Kepada Saparini, S.Pd., M.Pd. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Leni Marlina, S.Pd., M.Si. selaku reviewer seminar proposal, hasil hingga menjadi penguji dalam ujian skripsi penulis.

Lebih lanjut penulis juga mengucapkan terima kasih kepada superhero dan panutanku Ayahanda Edi Patoni yang selalu berjuang untuk kehidupan penulis, beliau memang tidak sempat merasakan Pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Pintu surgaku, Ibunda Tauhid Nur Hidayati. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program studi penulis, terimakasih bu atas segala bentuk bantuan, semangat dan doa yang diberikan selama ini. Terimakasih atas nasihat yang selalu diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi penulis yang keras kepala. Ibundaku menjadi penguat dan pengingat paling hebat. Terima kasih, sudah menjadi tempatku untuk pulang bu. Untuk Keluarga Besarku di OKI yaitu Tante Sri, Tante Maryati, Om Adib, Om

Yusuf, Adek Dafi, Adek Diba telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penelitian skripsi ini. Untuk keluargaku di Cinta Manis yaitu Bude Esti, Bude Lilis, Pakde Asep, Mbak Ayu, Mbak Ina, Mbak Intan dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih sudah memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan perkuliahan S1 ini. Untuk teman-teman peneliti di Laboratorium Instrumentasi dan Aplikasi Nanoteknologi yaitu kak M. Rama Almafie, S.Pd., M.Pd., Kak Silfiyana, S.Pd., Kak Rafli Fandu Ramadhani, S.Pd., Kak Ning Intan Lestari, S.Pd., Yulianti, Rahma Dani, Sela Juliyanti, terimakasih telah kebersamai dan banyak membantu dalam skripsi ini. Untuk sahabatku tercinta yaitu Ayu Diah Florentina, Miranda Chastello, Triyani, Elsa Vini Eka Nurjana terimakasih telah menjadi tempat curhat penulis sekaligus support syysem sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dan untuk sahabat kecilku Tri Nurvita Sari terimakasih sudah menjadi tempat penulis berkeluh kesah selama penulisan skripsi.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi Pendidikan Fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Palembang, 21 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



Marsya Amalia Putri

NIM. 06111382025045

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF)	6
2.2 Tanaman Sirih Hijau (<i>Piper Betle</i> L)	7
2.3 Elektrospinning	8
2.4 Serat Nano	9
2.5 Masker Nanofiber.....	9
BAB III	11
METODOLOGI PENELITIAN.....	11

3.1 Metode Penelitian.....	11
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.3 Alat dan Bahan	12
3.3.1 Alat Penelitian.....	12
3.3.2 Bahan Penelitian	12
3.4 Prosedur Eksperimen Penelitian.....	12
3.5 Desain Eksperimen.....	13
3.5.1 Response Surface Methodology (RSM)	13
3.5.2 Central Composite Design (CCD)	14
3.6 Metode Analisis Data	14
3.7 Metode Karakterisasi.....	14
3.7.1 Mikroskop Flourescence (MiF)	14
3.7.2 X-Ray Diffraction	15
3.7.3 Fourier Transform Infra Red (FTIR)	15
3.7.4 Mechanical Test (Uji Kuat Tarik).....	15
3.8 Diagram Alir Proses Penelitian	16
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Response Surface Methodology.....	17
4.1.1 Sequential Model Sum of Squares and Model Summary	17
4.1.2 Analysis of Variance and Model Equations	20
4.2 Hasil Karakterisasi	22
4.2.1 Morfologi Membran Nanofiber PVDF/Ekstrak Daun Sirih dengan Scanning Elektron Mikroskop (SEM).....	22
4.2.2 Pengujian FTIR Serat Nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih.....	23
4.2.3 Pengujian XRD Serat Nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih	26
4.2.4 Pengujian Kuat Tarik Serat Nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih	27
BAB V.....	29

PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Material Polyvinylidene fluoride (PVDF) dan (b) Struktur Polyvinylidene fluoride (PVDF) (Guo et al. 2015).....	6
Gambar 2. 2 Tanaman Daun Sirih Hijau	7
Gambar 2. 3 Skema komponen pada electrospinning (Almafie et al. 2020).....	8
Gambar 3. 1 Diagram Alir Alur penelitian.....	16
Gambar 4. 1 Morfologi Serat Nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih (a)SP1, (b) SP2	23
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR	24
Gambar 4. 3 Spektrum XRD	26
Gambar 4. 4 Kuat Tarik.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Sequential model sum of squares and summary statistics for diameter nanofiber (Y_{DR}).	17
Tabel 4. 2 Sequential model sum of squares and summary statistics for modulus young (YMD).	18
Tabel 4. 3 ANOVA (Partial sum of squares-Type III) for Quadratic model of diameter (YDR).	20
Tabel 4. 4 ANOVA (Partial sum of squares-Type III) for Quadratic model of modulus young (YMD).....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Penelitian	34
Lampiran B. Data Penelitian	38
Lampiran C. Administrasi Penelitian.....	44

ABSTRAK

Pengembangan analisis fisika serat nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih menggunakan Response Surface Methodology (RSM) telah dilakukan dan diterapkan sebagai aplikasi masker medis. Masker medis nanofiber merupakan masker yang memiliki ukuran serat yang sangat kecil berukuran nano yang sulit ditembus oleh bakteri dan virus. Aplikasi serat nano ini meliputi pada teori konduktivitas dan viskositas, mengetahui struktur kristal yang berhubungan dengan pembelajaran pada mata kuliah fisika zat padat dan sebagai pedoman praktikum pembelajaran eksperimen fisika lanjut. Penelitian ini menggunakan metode berbasis uji coba eksperimen dengan menerapkan pendekatan secara kuantitatif. Hasil penelitian diperoleh dengan hasil dari uji mekanik kuat tarik serat PVDF/EDS menghasilkan kekuatan tarik dari 4,6 MPa ke 12,8 MPa dan terjadi peregangan dari 4,1%-6,88%. Kenaikan nilai kekuatan tarik dan peregangan adalah perbedaan pada diameter serat yang dihasilkan dimana serat dengan EDS menghasilkan serat yang lebih rapat dan padat, serta jumlah ikatan pada rantai paralel yang lebih banyak. Penggunaan serat nano dari ekstrak daun sirih ini mengandung betephenol, caryophyllene (sesquiterpene), chavicol, capitol, estragole, dan terpenes, yang dapat digunakan sebagai antibakteri.

Kata Kunci: serat nano, *Polyvinylidene Fluoride*, daun sirih, antibakteri

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim dianggap sebagai tantangan kesehatan global utama pada abad ke-21. Salah satu konsekuensinya adalah peningkatan frekuensi dan keparahan kebakaran hutan (Douglas-Vail et al. 2023). Badan Perencanaan Pembangunan (Bappenas) Indonesia bekerja sama dengan Asian Development Bank (ADB) memperkirakan bahwa setiap tahun, sekitar 9,75 juta hektar hutan di Indonesia mengalami kebakaran dan situasi ini terus berlanjut (Abdul Kadir et al. 2022). Peningkatan frekuensi kebakaran dapat menyebabkan konsekuensi berupa peningkatan kabut dan asap, yang juga berpotensi memberikan dampak yang lebih signifikan pada kesehatan manusia serta mengurangi atau mengganggu jarak pandang (Haider et al. 2019). Aktivitas masyarakat terganggu dan pemukiman terkena dampak penyakit akibat pencemaran yang dihasilkan oleh kebakaran hutan dan lahan. Fasilitas kesehatan di berbagai wilayah, khususnya puskesmas di pinggiran kota, menghadapi lonjakan pasien yang menderita Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). WHO tahun 2016 menyatakan angka kejadian infeksi saluran pernafasan akut (ISPA) pada balita di tingkat dunia antara 15-20%, insidensi ISPA di negara berkembang 0,29% jiwa dan kawasan industri 0,05% jiwa sedangkan angka kejadian ISPA di negara Indonesia 151 juta jiwa pertahun. Infeksi pada saluran napas adalah suatu penyakit yang umum terjadi pada masyarakat, dan menjadi salah satu penyebab kematian tertinggi pada anak di bawah usia 5 tahun (22,30%). ISPA menempati urutan 10 besar penyakit di rumah sakit dan menempati urutan 9 dari 10 besar penyakit rawat inap di rumah sakit serta masuk 4 dari 10 Besar penyakit di wilayah puskesmas. Sementara itu, para lansia dan anak-anak dengan kondisi fisik yang rentan mengalami kesulitan bernapas karena terpapar asap dan kabut. Penggunaan alat pelindung pernafasan, seperti masker penyaring udara, sangat penting untuk melindungi kesehatan pribadi dari ancaman serius kontaminasi udara

dan infeksi bakteri. Masker penyaring udara membantu menyaring partikel-partikel kecil yang dapat membawa zat berbahaya, polusi udara, atau patogen seperti bakteri dan virus. Oleh karena itu, penggunaan alat pelindung pernafasan merupakan langkah yang efektif dalam menjaga kesehatan pribadi dan mencegah potensi dampak negatif dari paparan lingkungan yang tidak sehat (Tian et al. 2022).

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan nanoteknologi yang sangat pesat telah memberikan dampak positif terhadap berbagai industri (Malik, Muhammad, and Waheed 2023). Kemajuan dalam bidang nanoteknologi membuka peluang untuk meningkatkan kinerja masker medis, dengan satu inovasi yang menonjol adalah penggunaan serat nano (nanofiber) sebagai material yang dihasilkan dari teknologi ini. Serat nano memiliki diameter sebesar 100 hingga 500 nanometer (Abdul Rahman, Gulur Srinivas, and Travas-Sejdic 2014). Nanofiber memiliki sifat-sifat unggul seperti luas permukaan yang tinggi dan struktur berpori, serta tingkat modulus elastisitas yang dapat diaplikasikan secara efektif untuk berbagai bidang, termasuk medis, filtrasi, kain pelindung, dan sebagainya (Fadil et al. 2021). Salah satu metode yang efisien untuk menciptakan membran nanofiber dengan kualitas yang sangat baik adalah melalui diperkenalkannya teknik electrospinning (Sarbatly, Sariau, and Alam 2021). Penggunaan elektrospinning dalam serat nano tidak hanya melibatkan polimer sebagai matriks, tetapi juga bisa dicampurkan dengan ekstrak sebagai antibakteri ataupun antioksidan. Penggunaan ekstrak dalam pencampuran larutan serat bervariasi tergantung pada aplikasi yang diinginkan. Salah satu contohnya adalah pada masker medis dengan ekstrak yang mengandung antibakteri seperti ekstrak daun sirih (Tawakkal, Idrus, and Fajar 2021).

Tanaman sirih (*Piper Betle L*) adalah tanaman merambat dari keluarga Piperaceae (Hulu, Fau, and Sarumaha 2022). Daun sirih banyak mengandung komponen kimia seperti betal-fenol, chavicol dan senyawa fenolik lainnya. Komponen-komponen ini diketahui memiliki potensi yang kuat dalam sifat antibakteri, antijamur, dan antiseptik yang sering digunakan

dalam pengobatan tradisional (Lubis and Wahyuni 2020). Tanaman ini juga menghasilkan minyak sirih atau minyak atsiri yang bermanfaat untuk mengobati penyakit jamur dan bakteri. Karena kandungan kimia dan sifat penyembuhannya, minyak ini telah digunakan dalam berbagai formulasi obat-obatan dan produk kesehatan (Biswas et al. 2022).

Sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang nanofiber PVDF dan aplikasinya dalam berbagai bidang. Penelitian yang dilakukan oleh (Sriyanti et al. 2024) menyelidiki sifat fisikokimia serat nano PVDF dan menemukan serat nano PVDF berwarna putih yang homogen dan halus. Serat nano PVDF dapat digunakan dengan tegangan tinggi selama elektrospinning tetapi tidak merusak strukturnya. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Sanyal and Sinha-Ray 2021) telah mengeksplorasi sintesis nanofiber PVDF menggunakan metode electrospinning untuk aplikasi filtrasi udara dan air. Studi ini menunjukkan bahwa nanofiber PVDF memiliki sifat yang sangat baik dalam menangkap partikel dan mikroorganisme berbahaya. Serat nano Nilon-PVDF untuk masker medis juga dibuat di tahun 2021. Serat nano ini memiliki struktur yang kuat yang dapat digunakan dengan pernapasan normal (Hee et al. 2021).

Selanjutnya dalam penelitian yang berkelanjutan, peneliti memutuskan untuk meningkatkan kinerja nanofiber PVDF dengan menambahkan ekstrak daun sirih karena memiliki sifat antimikroba yang kuat. Dengan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM), penelitian ini akan mengoptimalkan proses pembuatan nanofiber PVDF dengan ekstrak daun sirih. Diharapkan bahwa masker medis yang dihasilkan akan memiliki efektivitas yang tinggi dalam menyaring partikel mikroba, sambil mempertimbangkan juga aspek keberlanjutan lingkungan.

Uji morfologi, FTIR (Fourier Transform Independent), XRD (X-Ray Diffraction), dan uji mekanik dilakukan setelah penggunaan serat nano dari polimer PVDF dan pencampuran ekstrak daun sirih. Analisis fisika dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang dimiliki oleh serat sehingga mendapatkan formulasi yang baik untuk masker medis. Penelitian ini

dilakukan untuk mengetahui terkait “Analisis Fisika *Nanofiber* PVDF/Ekstrak Daun Sirih menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk Masker Medis sebagai Kontribusi pada Mata Kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: Bagaimana analisis fisika serat nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk masker medis?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini hanya membahas tentang analisis fisika dari serat nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka tujuan penelitian ini, yaitu analisis fisika serat nano PVDF/Ekstrak Daun Sirih menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) sebagai aplikasi Masker Medis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan ini nantinya diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak, yang mana diantaranya sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Bagi peneliti diharapkan dapat menambah pengetahuan peneliti lebih dalam lagi mengenai nanoteknologi khususnya penerapan nanoteknologi dalam pembuatan serat nano dari PVDF/Ekstrak Daun Sirih untuk masker medis menggunakan alat electrospinning.

2. Bagi Institusi

Bagi Institusi diharapkan dapat Memajukan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya dan acuan pembelajaran mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat.

3. Bagi Sosial

Diharapkan dapat meningkatkan wawasan dan sumber belajar tentang konduktivitas dan viskositas, mengetahui struktur kristal yang berhubungan dengan pembelajaran pada mata kuliah fisika zat padat dan sebagai pedoman praktikum pembelajaran eksperimen fisika lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, Evizal et al. 2022. "Forest Fire Spreading and Carbon Concentration Identification in Tropical Region Indonesia." *Alexandria Engineering Journal* 61(2): 1551–61.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016821004191>.
- Abdul Rahman, N, A R Gulur Srinivas, and J Travas-Sejdic. 2014. "Spontaneous Stacking of Electrospun Conjugated Polymer Composite Nanofibers Producing Highly Porous Fiber Mats." *Synthetic Metals* 191: 151–60.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379677914000885>.
- Almafie et al., 2020. 2020. "Electrospun of Poly (Vinyl Alcohol)/ Potassium Hydroxide (PVA / KOH) Nanofiber Composites Using the Electrospinning Method Electrospun of Poly (Vinyl Alcohol)/ Potassium Hydroxide (PVA / KOH) Nanofiber Composites Using the Electrospinning Method."
- Angela Myrra Puspita Dewi, Desi Natalia Edowai, Yudi Pranoto, dan Purnama Darmadji. 2018. "Kata Kunci : Ampas Sagu, Electrospinning, Nanoselulosa Asetat." : 31–36.
- Biswas, Protha et al. 2022. "Betelvine (Piper Betle L.): A Comprehensive Insight into Its Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Pharmacological, Biomedical and Therapeutic Attributes." *Journal of Cellular and Molecular Medicine* 26(11): 3083–3119.
- Cai, Xiaomei, Tingping Lei, Daoheng Sun, and Liwei Lin. 2017. "A Critical Analysis of the α , β and γ Phases in Poly(Vinylidene Fluoride) Using FTIR." *RSC Advances* 7(25): 15382–89.
- Douglas-Vail, Matthew et al. 2023. "Association of Air Quality during Forest Fire Season with Respiratory Emergency Department Visits in Vancouver, British Columbia." *The Journal of Climate Change and Health* 13: 100255.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266727822300055X>.
- Fadil, Fatirah et al. 2021. "Review on Electrospun Nanofiber-Applied Products." *Polymers* 13(13): 1–29.
- Fahmi, Mochamad Zakki. 2020. *Nanoteknologi Dalam Perspektif Kesehatan*.

Airlangga University Press.

- Haider, Wolfgang et al. 2019. "Climate Change, Increasing Forest Fire Incidence, and the Value of Visibility: Evidence from British Columbia, Canada." *Canadian Journal of Forest Research* 49(10): 1242–55. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0309>.
- He, Zhongchen et al. 2021. "Electrospun PVDF Nanofibers for Piezoelectric Applications: A Review of the Influence of Electrospinning Parameters on the β Phase and Crystallinity Enhancement." *Polymers* 13(2): 1–23.
- Hulu, Lincah Cerdik, Amaano Fau, and Murnihati Sarumaha. 2022. "PEMANFAATAN DAUN SIRIH HIJAU (Piper Betle L) SEBAGAI OBAT TRADISIONAL DI KECAMATAN LAHUSA." *Jurnal Pendidikan Biologi* 3(1): 1–14. <https://jurnal.uniraya.ac.id/index.php/Tunas/index>.
- Hulupi, Mentik, and Haryadi Haryadi. 2018. "Sintesis Dan Karakterisasi Serat Nano Polivinil Alkohol Yang Diikat Silang Dengan Glutaraldehyd Untuk Aplikasi Pembalut Luka." *Chimica et Natura Acta* 6(3): 101.
- Jhade, Deenanath. 2016. "Piper Betle: Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Value in Health Management." (January).
- Lubis, Rodiah Rahmawaty, and Dian Dwi Wahyuni. 2020. "Antibacterial Activity of Betle Leaf (Piper Betle l .) Extract on Inhibiting Staphylococcus Aureus in Conjunctivitis Patient." 9(1): 1–5.
- Malik, Shiza, Khalid Muhammad, and Yasir Waheed. 2023. "Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry." *Molecules* 28(2).
- Nayaka, Ni Made Dwi Mara Widayani et al. 2021. "Piper Betle (L): Recent Review of Antibacterial and Antifungal Properties, Safety Profiles, and Commercial Applications." *Molecules* 26(8): 1–21.
- Nishiyama, Takashi et al. 2016. "Crystalline Structure Control of Poly(Vinylidene Fluoride) Films with the Antisolvent Addition Method." *Polymer Journal* 48(10): 1035–38. <http://dx.doi.org/10.1038/pj.2016.62>.
- Nisyak, Khoirun, A Hisbiyah, and Arinil Haqqo. 2022. "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Minyak Atsiri Sirih Hijau Terhadap Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus (Antibacterial Activity of Ethanolic Extract and

- Green Piper Betle Leaf Essential Oil Against Methicillin Resistant Staphylococcus Aur.” 5(1): 1–14.
- Salman, Sabah A, Farah T M Noori, and Aws K Mohammed. 2018. “Preparation and Characterizations of Poly (Vinylidene Fluoride) (PVDF)/Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃ (BST) Nanocomposites.” *International Journal of Applied Engineering Research* 13(7): 5008–13. <http://www.ripublication.com5008>.
- Santoso, Marno Marno; Eri Widiyanto; Jojo Sumarjo; Aa. 2018. “Perancangan Dan Pengembangan Sistem Electrospinning Sebagai Teknologi Dalam Pembuatan Nanofiber.” *invotek* (Vol 18 No 2 (2018): INVOTEK: Jurnal Inovasi, Vokasional, dan Teknologi): 101–8. <http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/394/81>.
- Sanyal, Ayishe, and Sumit Sinha-Ray. 2021. “Ultrafine PvdF Nanofibers for Filtration of Air-Borne Particulate Matters: A Comprehensive Review.” *Polymers* 13(11).
- Saragih, Y. S., & Rajak, A. 2019. “11116055_20_152752.” xx(xx).
- Sarbatly, Rosalam, Jamilah Sariau, and Mohammad Fahim Inteser Alam. 2021. “Advances in Nanofiber Membrane.” *Materials Today: Proceedings* 46: 2118–21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321040852>.
- Sengupta, D. et al. 2017. “Characterization of Single Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Nanofiber for Flow Sensing Applications.” *AIP Advances* 7(10). <http://dx.doi.org/10.1063/1.4994968>.
- Singh, Tarun Pal, Geeta Chauhan, Ravi Kant Agrawal, and S. K. Mendiratta. 2019. “In Vitro Study on Antimicrobial, Antioxidant, FT-IR and GC–MS/MS Analysis of Piper Betle L. Leaves Extracts.” *Journal of Food Measurement and Characterization* 13(1): 466–75. <http://dx.doi.org/10.1007/s11694-018-9960-8>.
- Sriyanti, Ida et al. 2024. “Physicochemical and Mechanical Properties of Polyvinylidene Fluoride Nanofiber Membranes.” *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 9: 100588. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423002931>.
- Tawakkal, Irman Idrus, and Kurniawan Fajar. 2021. “Isolasi Senyawa Alkaloid

Ekstrak Etanol Daun Sirih Popar (*Ficus Septica* BURM. F) Menggunakan Spetrofotometer Inframerah.” *Jurnal Akrab Juara* 6(February): 6.

Tian, Guangjian et al. 2022. “Polycaprolactone Nanofiber Membrane Modified with Halloysite and ZnO for Anti-Bacterial and Air Filtration.” *Applied Clay Science* 223: 106512.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131722001077>.