



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

FABRIKASI FILTER UDARA *WET-LAID NONWOVEN* BERBASIS SERAT TKKS DAN *LOW MELT POLYESTER*

FEBIOLA AZALIA PUTRI



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Fabrikasi Filter Udara *Wet-Laid Nonwoven* Berbasis Serat TKKS dan *Low Melt Polyester*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli Tahun 2026

Febiola Azalia Putri
G7401221066



ABSTRAK

FEBIOLA AZALIA PUTRI. Fabrikasi Filter Udara *Wet-Laid Nonwoven* Berbasis Serat TKKS dan *Low Melt Polyester*. Dibimbing oleh SITI NIKMATIN dan MAHFUDDIN ZUHRI.

TKKS merupakan limbah lignoselulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku media filter udara berbasis serat alami. Penelitian ini bertujuan memfabrikasi filter udara *wet-laid nonwoven* berbasis TKKS menggunakan *Low Melt Polyester* (LMP) sebagai *thermal binder*, menganalisis pengaruh variasi komposisi TKKS terhadap karakteristik filter, serta membandingkan permeabilitas udaranya dengan filter komersial. Pulp TKKS diperoleh melalui proses hidrolisis, delignifikasi, dan *bleaching*, kemudian difabrikasi menggunakan metode *wet-laid nonwoven* yang dilanjutkan dengan *thermal bonding* pada suhu 130 °C tanpa penggunaan perekat kimia cair. Filter yang dihasilkan dikarakterisasi melalui analisis komposisi lignoselulosa, gramasi, morfologi pori, permeabilitas udara, sifat permukaan, dan sifat mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pulp TKKS memiliki kandungan selulosa sebesar 76% dan lignin sebesar 9%. Variasi komposisi TKKS memengaruhi karakteristik fisik, morfologi, permeabilitas udara, sifat permukaan, dan sifat mekanik filter. Filter berbasis TKKS-LMP memiliki koefisien permeabilitas udara sebesar $3,77 \times 10^{-14} - 4,88 \times 10^{-14} \text{ m}^2$ yang relatif sebanding dengan filter komersial. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serat TKKS berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku alternatif media filter udara yang lebih berkelanjutan melalui proses fabrikasi tanpa perekat kimia cair.

Kata kunci: filter udara; permeabilitas udara, *Low Melt Polyester*, tandan kosong kelapa sawit, *wet-laid nonwoven*.



ABSTRACT

FEBIOLA AZALIA PUTRI. Fabrication of Wet-Laid Nonwoven Air Filters Based on Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) Fibers Using Low Melt Polyester (LMP) as a Thermal Binder. Supervised by SITI NIKMATIN and MAHFUDDIN ZUHRI.

Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) are lignocellulosic biomass waste with potential as a raw material for natural fiber-based air filter media. This study aimed to fabricate wet-laid nonwoven air filters based on OPEFB fibers using Low Melt Polyester (LMP) as a thermal binder, analyze the effect of OPEFB composition on the filter characteristics, and compare their air permeability with that of a commercial filter. OPEFB pulp was prepared through hydrolysis, delignification, and bleaching processes, followed by fabrication using the wet-laid nonwoven method and thermal bonding at 130 °C without the use of chemical adhesives. The fabricated filters were characterized by lignocellulosic composition, basis weight, pore morphology, air permeability, surface properties, and mechanical properties. The results showed that the OPEFB pulp contained 76% cellulose and 9% lignin. Variations in OPEFB composition affected the physical characteristics, pore morphology, air permeability, surface properties, and mechanical properties of the filters. The OPEFB-LMP filters exhibited air permeability coefficients ranging from 3.77×10^{-14} to $4.88 \times 10^{-14} \text{ m}^2$, which were comparable to those of the commercial filter. These findings demonstrate that OPEFB fibers have the potential to serve as an alternative raw material for more sustainable air filter media through a fabrication process that does not require chemical adhesives.

Keywords: air filter, air permeability, Low Melt Polyester, Oil Palm Empty Fruit Bunch, wet-laid nonwoven.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

FABRIKASI FILTER UDARA *WET-LAID NONWOVEN* BERBASIS SERAT TKKS DAN *LOW MELT POLYESTER*

FEBIOLA AZALIA PUTRI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.
2 Prof. Dr. Akhiruddin, M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Fabrikasi Filter Udara *Wet-Laid Nonwoven* Berbasis Serat TKKS dan *Low Melt Polyester*
Nama : Febiola Azalia Putri
NIM : G7401221066

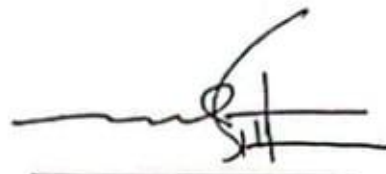
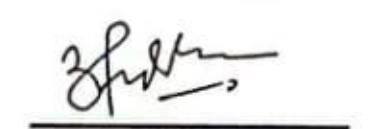
@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Pembimbing 1:
Dr. Siti Nikmatin, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si.

Disetujui oleh

Ketua Departemen:
Dr. Ir. Irmansyah. M.Si.
NIP. 196809161994031001

Diketahui oleh






PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juni 2026 dengan judul “Fabrikasi Filter Udara *Wet-Laid Nonwoven* Berbasis Serat TKKS dan *Low Melt Polyester*”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Siti Nikmatin, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, motivasi, serta bimbingan dengan penuh kesabaran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini, serta Ibu Dr. Sitti Yani, M.Si. selaku dosen penguji II sekaligus moderator seminar yang juga pernah menjadi dosen pembimbing akademik penulis, atas segala kritik, saran, arahan, dan perhatian yang diberikan selama penulis menempuh masa studi.
3. Ayah, Ibu, Kayla, dan Syauqi yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta semangat kepada penulis.
4. Ung, kucing kesayangan penulis, yang tanpa disadari telah menjadi teman terbaik, sumber semangat, dan pengingat bagi penulis untuk tetap bertahan serta terus melangkah dalam menyelesaikan masa perkuliahan ini.
5. Kitabisa.com (*Mi Familia*), terutama Khayra Amanda sebagai sahabat penulis sejak kecil, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan menjadi tempat berbagi cerita. Terima kasih juga kepada Raafi Aknel atas kebersamaan dan semangat yang turut menemani proses penyusunan skripsi ini.
6. Sahabat dan teman-teman seperjuangan Grup Ospek yaitu Fuji, Asyifa, Bagus, Izatul, dan Ammar Hauzan yang senantiasa hadir memberikan bantuan, semangat, doa, kebersamaan, serta dukungan dalam setiap proses yang penulis lalui selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman seperbimbingan, keluarga besar Fisika Angkatan 59, serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, semangat, dukungan, dan kebersamaan selama proses penelitian, penulisan, hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang material berbasis serat alam dan media filtrasi udara, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bogor, Juli 2026

Febiola Azalia Putri



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	3
2.2 Selulosa	4
2.3 <i>Low Melt Polyester</i> (LMP)	5
2.4 Komposit	5
2.5 Filter Udara	6
2.6 Metode <i>Wet-Laid Nonwoven</i>	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisis Komponen Kimia dan Kadar Air Pulp TKKS	15
4.2 Analisis Gramasi	17
4.3 Karakterisasi Morfologi Pori Menggunakan Citra MO	18
4.4 <i>Air Permeability</i> (Permeabilitas Udara)	20
4.5 Analisis Sudut Kontak dan <i>Free Surface Energy</i>	21
4.6 Sifat Mekanik	24
V SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	36



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Hasil analisis komposisi kimia pulp TKKS	15
2	Tabel 2 Gramasi dan ketebalan rata-rata sampel filter TKKS-LMP dan filter komersial	17
3	Tabel 3 Karakteristik pori sampel filter TKKS-LMP dan filter komersial	18
4	Tabel 4 Distribusi jumlah pori berdasarkan diameter pori pada sampel TKKS-LMP dan filter komersial	19
5	Tabel 5 Hasil Permeabilitas udara menggunakan <i>Darcy Meter</i>	21
6	Tabel 6 Sudut kontak sampel filter TKKS-LMP dan filter komersial	22
7	Tabel 7 <i>Surface energy</i> sampel filter TKKS-LMP dan filter komersial	23
8	Tabel 8 Sifat mekanik sampel filter TKKS-LMP dan filter komersial	25

DAFTAR GAMBAR

9	Gambar 1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	3
10	Gambar 2 Rantai Molekul Selulosa (Mulyadi 2019)	4
11	Gambar 3 Diagram aliran udara mesin (Ayu <i>et al.</i> 2022)	6
12	Gambar 4 Diagram skematik <i>wet end</i> pada proses <i>wet-laid</i> (Hutten 2016)	7
13	Gambar 5 Kurva tegangan regangan kertas (Vishtal dan Retulainen 2014)	14
14	Gambar 6 Hasil Hidrolisis dan Delignifikasi (A) Hasil Pulpung I, (B) Hasil Pulpung II, (C) Hasil Pulpung II setelah dikeringkan, (D) Hasil Bleaching setelah dikeringkan.	16
15	Gambar 7 Distribusi pori kontrol	19
16	Gambar 8 Sampel E1 beserta distribusi pori	19
17	Gambar 9 Sampel E2 beserta distribusi pori	20
18	Gambar 10 Sampel E3 beserta distribusi pori	20
19	Gambar 11 Sudut Kontak cairan uji air, kontrol (a), E1 (b), E2 (c), E3 (d)	22
20	Gambar 12 Sudut Kontak cairan uji FFA, kontrol (a), E1 (b), E2 (c), E3 (d)	22
21	Gambar 13 Kurva <i>stress-strain</i> filter komersial (kontrol)	24
22	Gambar 14 Kurva <i>stress-strain</i> filter TKKS-LMP	24



DAFTAR LAMPIRAN

23	Lampiran 1 Hasil pengukuran ketebalan kertas filter pada lima titik pengukuran	34
24	Lampiran 2 Data sudut kontak	35