

**PEMANFAATAN LIMBAH PEMBAKARAN BOILER MENJADI BRIKET
MENGUNAKAN METODE ANOVA**

STUDI KASUS: PT. PP LONDON SUMATERA INDONESIA BG. POM

GALANG

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas
Teknik, Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

Yose Yefta Napitupulu

228150042



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)7/7/26

**PEMANFAATAN LIMBAH PEMBAKARAN BOILER MENJADI BRIKET
MENGUNAKAN METODE ANOVA**

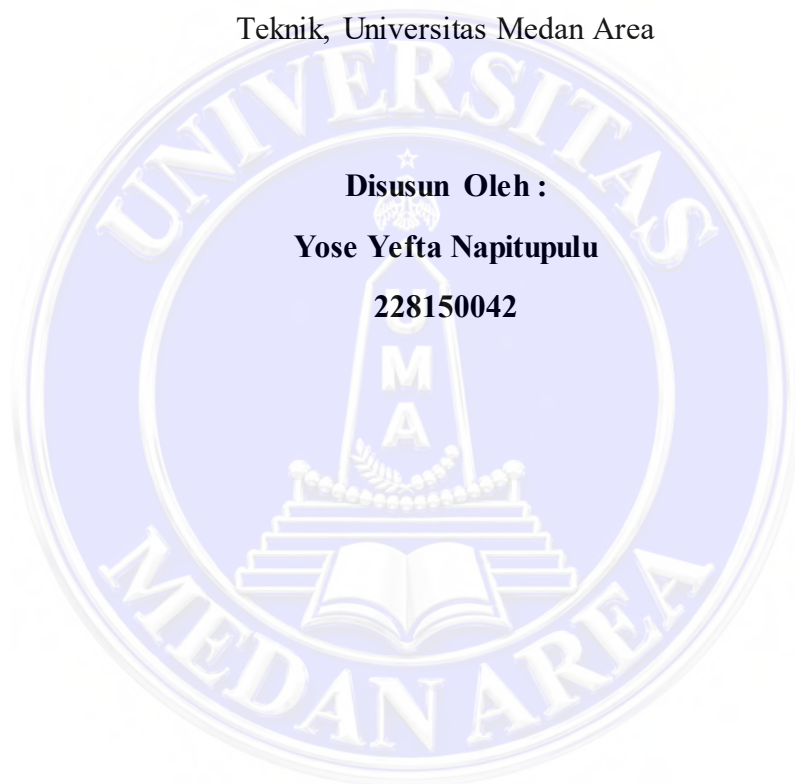
STUDI KASUS: PT. PP LONDON SUMATERA INDONESIA BG. POM

GALANG

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas

Teknik, Universitas Medan Area



Disusun Oleh :

Yose Yefta Napitupulu

228150042

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)7/7/26

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang

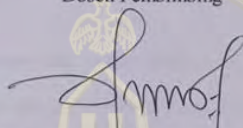
Nama : Yose Yefta Napitupulu

NPM : 228150042

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T

NIDN. 0112118503

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Endang Supriyanto, S.T., M.T
NIDN: 0102027402



Dr. Chalis Ratri Hasibuan, S.T.M.Sc
NIDN: 0110068801

Tanggal Lulus : 02 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yose Yeftha Napitupulu

NPM : 228150042

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana yang merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan.

Medan, 02 Maret 2026



Yose Yeftha Napitupulu

228150042

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yose Yefla Napitupulu
NPM : 228150042
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 02 Maret 2026
Yang menyatakan


Yose Yefla Napitupulu
228150042

iv

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Perawang pada tanggal 5 September 2004 dari Bapak Mangasa Napitupulu dan ibu Pitara Siahaan. Penulis merupakan anak ke 2 dari 2 bersaudara. Adapun jenjang pendidikan yang sudah dilalui penulis sebagai berikut:

1. Tahun 2010, Penulis menempuh pendidikan di SD Swasta Marsudirini Perawang dan dinyatakan lulus pada tahun 2016.
2. Tahun 2016, Penulis menempuh pendidikan di SMP Swasta Marsudirini Perawang dan dinyatakan lulus pada tahun 2019.
3. Tahun 2019 Penulis menempuh pendidikan di SMA Negeri 3 Tualanag dan dinyatakan lulus pada tahun 2022.
4. Tahun 2022, penulis melanjutkan kuliah di Universitas Medan Area.

Dengan ketekunan serta motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang”.

ABSTRAK

Yose Yefta Napitupulu NPM 228150042 “Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang” Dibimbing Oleh Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T.

Limbah pembakaran boiler pada pabrik kelapa sawit berupa abu hopper dan abu desch dihasilkan dalam jumlah besar dan umumnya hanya ditumpuk tanpa pemanfaatan optimal, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah abu boiler menjadi briket serta menganalisis pengaruh variasi komposisi abu hopper dan abu desch terhadap kualitas briket berdasarkan kadar abu dan kadar air. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental dengan empat variasi komposisi (80:20, 20:80, 60:40, dan 40:60), masing-masing diuji tiga sampel. Data dianalisis menggunakan One Way ANOVA. Hasil menunjukkan bahwa variasi komposisi berpengaruh signifikan terhadap kadar abu ($F = 102,988$; $\text{Sig.} = 0,000$) dan kadar air ($F = 543,207$; $\text{Sig.} = 0,000$). Komposisi 80% abu hopper + 20% abu desch menghasilkan rata-rata kadar abu terendah ($\pm 4,99\%$), sedangkan komposisi 60% abu hopper + 40% abu desch menghasilkan kadar air terendah ($\pm 20,30\%$). Peningkatan proporsi abu desch cenderung meningkatkan kadar abu dan kadar air briket. Hasil ini menunjukkan bahwa abu hopper memiliki potensi lebih baik sebagai bahan utama briket serta mendukung pengelolaan limbah industri berbasis waste to energy.

Kata Kunci: limbah abu boiler, abu hopper, abu desch, biobriket, kadar abu, kadar air, One Way ANOVA, waste to energy.

ABSTRACT

Yose Yefta Napitupulu, Student ID 228150042, “*Utilization of Boiler Combustion Waste into Briquettes Using the ANOVA Method at PT. PP London Sumatra Indonesia BG. POM Galang*” Supervised by Yudi Daeng Polewangi, S. T, M. T.

Boiler combustion waste in palm oil mills in the form of hopper ash and desch ash is produced in large quantities and is generally only piled up without optimal utilization, thus potentially causing environmental pollution. This study aims to utilize boiler ash waste into briquettes and analyze the effect of variations in the composition of hopper ash and desch ash on briquette quality based on ash content and moisture content. The method used was a quantitative experimental approach with four composition variations (80:20, 20:80, 60:40, and 40:60), each tested on three samples. The data were analyzed using One Way ANOVA. The results showed that the composition variation had a significant effect on ash content ($F = 102.988$; $\text{Sig.} = 0.000$) and moisture content ($F = 543.207$; $\text{Sig.} = 0.000$). The composition of 80% hopper ash + 20% desch ash produced the lowest average ash content ($\pm 4.99\%$), while the composition of 60% hopper ash + 40% desch ash produced the lowest moisture content ($\pm 20.30\%$). Increasing the proportion of desch ash tended to increase the ash and moisture content of the briquettes. These results indicate that hopper ash has better potential as the main material for briquettes and supports industrial waste management based on waste-to-energy.

Keywords: boiler ash waste, hopper ash, desch ash, biobriquettes, ash content, moisture content, One Way ANOVA, waste to energy.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan YME yang telah memberikan beribu-ribu nikmat yang tidak dapat penulis hitung satu persatu. Sehingga, dengan nikmat yang Tuhan berikan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik yang berjudul **"Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode Anova Di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang"**.

Skripsi ini disusun berdasarkan observasi dan wawancara di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian dan penyusunan skripsi ini, banyak sekali dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam meluangkan pikiran dan waktu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, S.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Teknik Universitas Medan Area, sekaligus menjadi

pembanding seminar saya yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.

4. Bapak Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang sudah memberi arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
5. Bapak Sirmas Munthe, S.T., M.T, selaku ketua seminar yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
6. Ibu Nukhe Andri Silviana, S.T., M.T, selaku sekretaris seminar yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan.
7. Seluruh dosen pengampu Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area yang telah memberikan ilmu yang sangat berguna sehingga dapat membantu penulis dalam menyusun tugas akhir.
8. Kedua orang tua tercinta, yang selalu menjadi sumber kekuatan utama dalam hidup penulis. Terima kasih atas doa yang tidak pernah putus, dukungan moral maupun materiil, serta kesabaran dalam mendampingi setiap proses yang penulis jalani. Setiap nasihat, perhatian, dan pengorbanan yang diberikan menjadi alasan penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan tanggung jawab ini. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa cinta dan kepercayaan yang selalu diberikan oleh Ayah dan Ibu. terwujud tanpa cinta dan kepercayaan yang selalu diberikan oleh Ayah dan Ibu.

9. Teman-teman seperjuangan BASECAMP 52, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis. Terima kasih atas kebersamaan yang terjalin sejak awal perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan skripsi. Diskusi, kerja sama, saling berbagi informasi, serta dukungan ketika menghadapi kesulitan menjadi kenangan yang sangat berarti. Kehadiran BASECAMP 52 bukan hanya sebagai kelompok belajar, tetapi juga sebagai tempat saling menguatkan dan bertumbuh bersama.
10. Teman-teman magang di PT PP London Sumatera Indonesia Tbk BG. POM Galang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar secara langsung di lingkungan kerja. Terima kasih atas bimbingan, arahan, serta pengalaman berharga yang diberikan selama masa magang. Dari pengalaman tersebut, penulis belajar mengenai tanggung jawab, kedisiplinan, serta pentingnya kerja sama dalam sebuah tim. Pengalaman ini memberikan kontribusi nyata dalam membentuk pola pikir dan kesiapan penulis menghadapi dunia profesional.
11. Teman-teman tongkrongan di POJOK TEMU FARHAN, yang telah menjadi tempat berbagi cerita dan melepas penat di tengah padatnya aktivitas akademik. Kebersamaan sederhana, percakapan ringan, dan tawa yang dibagikan menjadi ruang istirahat yang sangat berarti bagi penulis. Dukungan secara tidak langsung dari kebersamaan tersebut membantu penulis menjaga keseimbangan dan semangat selama proses penyusunan skripsi.

12. Juan Philip Virdaus, mahasiswa Universitas Padjadjaran, Teman sekolah penulis yang dengan sabar mendengarkan berbagai keluhan kesah, memberikan semangat, serta menjadi tempat berbagi cerita selama proses penyusunan skripsi ini. Dukungan, perhatian, dan waktu yang diberikan sangat membantu penulis dalam menghadapi berbagai tantangan. Kehadiran beliau menjadi salah satu bentuk dukungan emosional yang sangat berarti dalam perjalanan ini.

13. Ozzie (Ojik), kucing kesayangan penulis, yang setia menemani di berbagai malam panjang pengerjaan skripsi. Kehadirannya yang sederhana, duduk di dekat penulis atau sekadar tertidur di samping meja belajar. Dalam keheningan malam, kehadiran kecil tersebut memberikan rasa nyaman yang tidak tergantikan.

14. Untuk diri penulis sendiri, yang telah memilih untuk tetap bertahan hingga titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah ketika merasa lelah, karena tetap melangkah ketika ragu, dan karena berani menyelesaikan apa yang telah dimulai. Proses ini bukan hanya tentang menyelesaikan kewajiban akademik, tetapi tentang belajar menerima keterbatasan, menguatkan diri dalam diam, dan terus percaya bahwa setiap usaha memiliki arti.

Penulis ingin selalu mengingat satu hal:

“God give us born to this world, to be a present, not to be a pressure.”

Penulisan skripsi ini tentunya masih jauh dalam kata sempurna, oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran untuk menjadikan bahan pembelajaran

berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kontruksi pada Teknik Industri.

Medan, 28 Februari 2026



Yose Yefta Napitupulu



DAFTAR ISI

ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Sistem Lingkungan Industri.....	10
2.2 Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit sebagai Energi Alternatif	12
2.2.1. Abu Desch	13
2.2.2 Abu Hopper	14
2.3 Energi dan Biomassa	14
2.4 Briket Sebagai Energi Alternatif	16

2.5	Uji Kualitas Briket.....	16
2.5.1	Kadar Air (%).....	17
2.5.2	Kadar Abu (%)	17
2.6	<i>Analysis Of Variances</i> (ANOVA)	17
2.7	Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	25
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	25
3.3	Objek Penelitian	25
3.4	Kerangka Konseptual	26
3.5	Hipotesis.....	28
3.6	Diagram Alir Proses Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Gambaran Umum	30
4.2	Proses Pembuatan Briket Limbah Pembakaran Boiler	31
4.2.1	Persiapan Bahan Baku.....	31
4.2.2	Tahapan Penghalusan.....	32
4.2.3	Tahapan Pengayakan.....	32
4.2.4	Tahapan Pencampuran	33
4.2.5	Tahapan Pencetakan.....	33

4.2.6	Tahapan Pengeringan	34
4.2.7	Uji Analisis Proksimat Biobriket	34
4.3	Penyajian Data Hasil Pengujian Laboratorium	35
4.3.1	Hasil Pengujian Kadar Abu.....	36
4.3.2	Hasil Pengujian Kadar Air	37
4.4	Hasil Analisis ANOVA	38
4.4.1	Hasil Analisis ANOVA Kadar Abu	39
4.4.2	Hasil Analisis ANOVA Kadar Air	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran	47
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Abu Hopper (Cangkang)	2
Gambar 1. 2 Abu Desch (Fiber).....	2
Gambar 1. 3 Total Abu Hopper dan Abu Desch 10 Bulan Terakhir.....	4
Gambar 2. 1 Abu Desch	14
Gambar 2. 2 Abu Hopper	14
Gambar 3. 1 Kerangka Konseptual	26
Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian.....	29
Gambar 4. 1 Pengambilan Bahan Baku	31
Gambar 4. 2 Tahapan Penghalusan	32
Gambar 4. 3 Tahapan Pengayakan.....	32
Gambar 4. 4 Tahapan Pencampuran	33
Gambar 4. 5 Tahapan Pencetakan	33
Gambar 4. 6 Tahapan Pengeringan	34
Gambar 4. 7 Uji Analisis Proksimat Biobriket	35
Gambar 4. 8 ANOVA Kadar Abu.....	39
Gambar 4. 9 Tukey Multiple Comparisons Kadar Abu	41
Gambar 4. 10 ANOVA Kadar Air	43
Gambar 4. 11 Tukey Multiple Comparisons Kadar Air	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Total Abu Hopper dan Abu Desch 10 Bulan Terakhir	3
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Abu.....	36
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Air	37



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri kelapa sawit di Indonesia terus meningkat seiring tingginya permintaan *Crude Palm Oil* (CPO) di pasar domestik dan internasional. Data GAPKI (2024) menunjukkan produksi minyak sawit nasional telah mencapai lebih dari 52 juta ton per tahun, menjadikan Indonesia sebagai produsen terbesar di dunia. Peningkatan produksi tersebut juga diikuti oleh meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit, baik limbah cair (*Palm Oil Mill Effluent*–POME) maupun limbah padat seperti cangkang, serabut (*fiber*), tandan kosong, dan abu boiler (Harahap et al., 2024). Salah satu limbah padat yang masih belum dimanfaatkan secara optimal adalah abu boiler, yaitu sisa pembakaran biomassa cangkang dan serabut yang digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap (*steam*) di pabrik kelapa sawit.

Hasil wawancara dengan operator boiler dan teknisi lingkungan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa selama ini abu boiler dianggap sebagai limbah tanpa nilai ekonomis. Namun, setelah dilakukan sosialisasi, sebagian besar responden mendukung pemanfaatan abu boiler sebagai bahan baku briket karena sifatnya yang relatif kering, halus, dan mudah dipadatkan. Pemilihan briket sebagai bentuk pemanfaatan limbah didasarkan pada pertimbangan teknis, ekonomis, dan lingkungan. Proses pembuatannya sederhana, berbiaya rendah, serta dapat mengurangi penggunaan bahan bakar tambahan seperti kayu bakar atau solar.

Selain itu, konversi limbah menjadi briket mendukung konsep *waste to energy*, penerapan industri hijau, dan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya pada aspek energi bersih dan produksi berkelanjutan.



Gambar 1. 1 Abu Hopper (Cangkang)



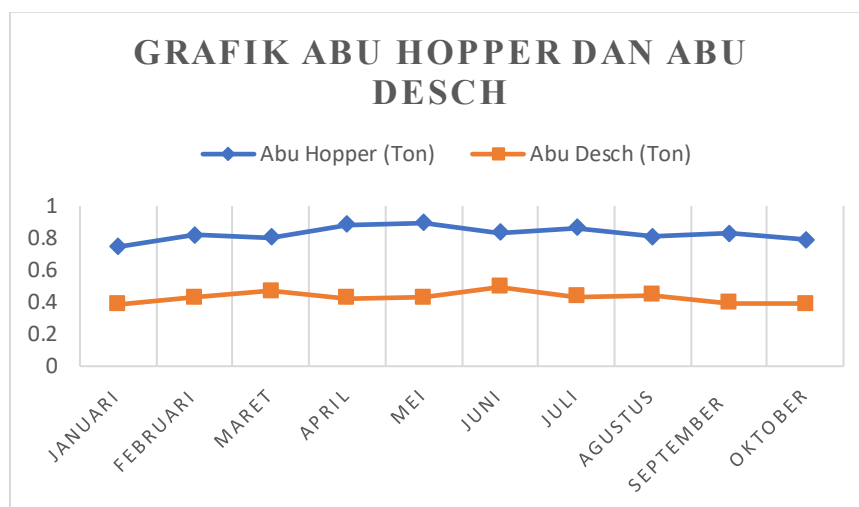
Gambar 1. 2 Abu Desch (Fiber)

Pemilihan briket sebagai bentuk pemanfaatan limbah abu desch (*fiber*) dan abu hopper (*cangkang*) didasarkan pada pertimbangan teknis, ekonomis, dan lingkungan. Secara teknis, abu tersebut memiliki sifat halus, kering, dan mudah dipadatkan, sehingga cocok dijadikan bahan dasar briket dengan bantuan perekat alami seperti tepung tapioka. Proses pembuatannya sederhana, tidak memerlukan teknologi tinggi, dan berbiaya rendah sehingga mudah diterapkan di lingkungan pabrik maupun skala usaha kecil. Dari sisi lingkungan, konversi abu boiler menjadi

briket mampu mengurangi timbunan limbah padat, menekan pencemaran udara akibat debu terbang, serta mendukung konsep *waste to energy* melalui pemanfaatan limbah sebagai sumber energi alternatif pengganti solar atau kayu bakar. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya mengatasi permasalahan limbah industri, tetapi juga mendukung penerapan *zero waste industry* dan pencapaian *Sustainable Development Goals (SDGs)* pada aspek energi bersih dan industri berkelanjutan.

Tabel 1. 1 Total Abu Hopper dan Abu Desch 10 Bulan Terakhir

Bulan	Abu Hopper (Ton)	Abu Desch (Ton)
Januari	0.745	0.385
Februari	0.819	0.429
Maret	0.804	0.467
April	0.881	0.423
Mei	0.893	0.428
Juni	0.831	0.493
Juli	0.865	0.434
Agustus	0.809	0.445
September	0.827	0.394
Oktober	0.789	0.391



Gambar 1. 3 Total Abu Hopper dan Abu Desch 10 Bulan Terakhir

Berdasarkan hasil observasi di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang, jumlah abu boiler yang dihasilkan diperkirakan mencapai 14,809 ton per tahun. Limbah ini umumnya hanya ditumpuk di area terbuka tanpa pengolahan lanjutan sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, seperti polusi udara akibat debu terbang (*fly ash*), pencemaran tanah, serta gangguan estetika lingkungan industri. Padahal, beberapa penelitian menunjukkan bahwa abu boiler masih mengandung karbon residu, silika, dan mineral oksida yang berpotensi dimanfaatkan kembali. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah sebagai bahan bakar padat berbentuk briket. Kandungan karbon yang masih tersisa memungkinkan abu boiler menghasilkan nilai kalor tertentu apabila dipadatkan dengan komposisi perekat yang sesuai. Pemanfaatan abu boiler menjadi briket energi tidak hanya berpotensi mengurangi timbunan limbah, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi energi serta menekan biaya operasional industri (Indah, Hasan, & Junaidi, 2024).

Dari sisi ilmiah, penelitian pemanfaatan abu boiler sebagai bahan utama briket masih relatif terbatas dibandingkan biomassa lain. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa variasi kadar perekat berpengaruh terhadap kualitas briket, seperti kadar air, kadar abu, densitas, dan efisiensi pembakaran. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji pemanfaatan abu boiler sebagai bahan baku briket dengan variasi komposisi perekat tepung tapioka. Untuk menganalisis perbedaan kualitas briket yang dihasilkan, digunakan metode statistik *Analysis of Variance* (ANOVA) guna mengetahui pengaruh signifikan antar perlakuan. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh formulasi briket abu boiler yang optimal, sehingga dapat menjadi solusi pengelolaan limbah yang aplikatif, ekonomis, dan berkelanjutan serta mendukung penerapan konsep *waste to energy* pada industri kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi abu hopper dan abu desch terhadap kadar air dan kadar abu briket?
2. Bagaimana proses pengolahan limbah abu hopper dan abu desch hasil pembakaran boiler menggunakan perekat tepung tapioka?
3. Bagaimana pengaruh variasi komposisi antara limbah abu hopper dengan abu desch terhadap produk yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi abu hopper dan abu desch terhadap karakteristik briket yang dihasilkan.
2. Menjelaskan proses pengolahan limbah abu hopper dan abu desch hasil pembakaran boiler menggunakan perekat tepung tapioka.
3. Menghasilkan briket yang baik dari beberapa variasi komposisi abu pembakaran mesin boiler.

1.4 Batasan Masalah

Adanya Batasan masalah dibuat agar penelitian ini lebih terfokus dan jelas ruang lingkupnya, maka batasan masalah yang diambil antara lain:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada pemanfaatan limbah abu hopper dan abu desch hasil pembakaran boiler PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang, tanpa melibatkan limbah lain seperti tandan kosong dan abu yang berasal dari boiler bagian roaster.
2. Komposisi bahan briket divariasikan untuk melihat pengaruhnya terhadap produk yang dihasilkan.
3. Penelitian ini tidak membahas dan menghitung nilai kalor dari produk briket yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yakni :

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan terkait pengolahan limbah industri, khususnya pemanfaatan limbah pada boiler menjadi produk bernilai tambah (briket).

2. Bagi Perusahaan

Penelitian ini memberikan alternatif solusi pengolahan limbah abu hopper dan abu dash yang selama ini masih terbatas pada penimbunan, sehingga dapat menghasilkan sumber energi alternatif berupa briket yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar substitusi dalam proses produksi.

3. Bagi Universitas

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi dan dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya dibidang energi alternatif dan pengolahan limbah pada tingkat akademik

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk mempermudah pemahaman penelitian. Dalam laporan ini, sistematika penulisan terdiri dari lima bab. Masing-masing dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang yang menjelaskan alasan dilakukannya penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi biobriket sebagai bahan bakar alternatif. Rumusan masalah disajikan untuk mengarahkan focus penelitian, disertai dengan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, batasan

masalah untuk memperjelas ruang lingkup studi, serta sistematika penulisan sebagai panduan isi keseluruhan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas kajian teori dan referensi yang relevan dengan topik penelitian, seperti teori mengenai limbah pertanian, energi alternatif, karakteristik biobriket, proses pembakaran, serta studi-studi terdahulu yang mendukung. Bab ini juga mencakup landasan teoritis yang digunakan dalam menganalisis hasil penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, termasuk lokasi dan waktu penelitian, jenis data, teknik pengumpulan dan analisis data, serta prosedur simulasi pembakaran sederhana. Di dalamnya juga dijelaskan langkah-langkah perhitungan nilai kalor dari biobriket yang dihasilkan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh, seperti nilai kalor biobriket dari limbah kulit singkong dan hasil simulasi pembakarannya. Selanjutnya, dilakukan pembahasan terhadap temuan tersebut, yang dikaitkan dengan teori atau studi sebelumnya untuk melihat efektivitasnya sebagai bahan bakar alternatif.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah. Selain itu, juga disampaikan saran-saran yang dapat berguna bagi pengembangan penelitian selanjutnya maupun bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam pemanfaatan limbah menjadi energi alternatif

LAMPIRAN

Lampiran berisikan kelengkapan alat dan hal lain yang perlu dilampirkan atau ditunjukkan untuk memperjelas uraian dalam penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lingkungan Industri

Sistem lingkungan industri merupakan suatu kerangka kerja yang menjelaskan hubungan timbal balik antara aktivitas industri dengan komponen lingkungan di sekitarnya (Wibowo et al., 2023). Sistem ini mencakup dimensi ekonomi, sosial, dan ekologi, yang secara bersama-sama membentuk suatu ekosistem industri yang dinamis. Dalam konteks industri pengolahan kelapa sawit, interaksi ini terlihat melalui penggunaan bahan baku, proses produksi, konsumsi energi, serta pengelolaan limbah yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran pada mesin boiler (Polewangi, Siregar, Silviana, & Delvika, 2021).

Setiap keputusan operasional yang diambil dalam sistem industri, seperti penggunaan bahan bakar dan manajemen limbah, dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, sistem lingkungan industri berperan penting dalam memastikan agar aktivitas produksi berjalan secara efisien, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Pendekatan ini mencakup pemantauan, pengukuran, serta evaluasi terhadap efek lingkungan yang dihasilkan dari proses industri, termasuk emisi udara, residu padat, dan limbah cair yang berasal dari unit boiler (Hani & Purwoto, 2025).

Menurut (Afra Hanna Haifa, 2024), sistem lingkungan industri terdiri dari beberapa elemen utama yang saling berkaitan, yaitu:

1. Bahan baku, sebagai sumber utama dalam proses produksi.

2. Produk dan layanan, hasil akhir yang bernilai ekonomis.
3. Energi, sebagai penggerak utama proses industri.
4. Limbah dan emisi, sebagai keluaran yang perlu dikelola agar tidak mencemari lingkungan.
5. Pemangku kepentingan (stakeholder), yang meliputi perusahaan, masyarakat, dan pemerintah.

Dalam konteks penelitian ini, aspek limbah dan emisi menjadi fokus utama, khususnya pada limbah padat hasil pembakaran mesin boiler. Limbah ini, berupa abu boiler (*Abu Desch dan Abu Hopper*), merupakan hasil residu dari proses pembakaran cangkang dan serabut kelapa sawit yang masih mengandung karbon aktif. Jika dibiarkan tanpa pengolahan, abu tersebut dapat mencemari udara maupun tanah karena sifat partikelnya yang halus dan mudah terbawa angin.

Oleh sebab itu, pengelolaan limbah padat melalui proses pemanfaatan abu boiler menjadi briket merupakan salah satu bentuk penerapan sistem lingkungan industri yang berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya berfungsi untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomi melalui pengembangan energi alternatif padat. Dengan penerapan metode ANOVA, hubungan antara variasi komposisi bahan perekat dan kualitas briket dapat dianalisis secara ilmiah, sehingga menghasilkan formulasi yang efisien baik secara energi maupun lingkungan (Karunia Candra & Indah Purwaningrum, 2021).

2.2 Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit sebagai Energi Alternatif

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor agroindustri terbesar di Indonesia yang menghasilkan berbagai jenis limbah padat dan cair dalam jumlah besar. Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah (CPO) menghasilkan limbah berupa serat, cangkang, tandan kosong (EFB/TKKS), serta limbah cair yang dikenal sebagai *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi mencemari lingkungan, menimbulkan emisi gas metana (CH_4), serta mengganggu ekosistem perairan. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah kelapa sawit memiliki potensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan melalui berbagai teknologi konversi energi, seperti biogas, briket biomassa, pelet, maupun gasifikasi (Arifandy, IMAM M, Cynthia, pandu eka, 2021).

Sementara itu, limbah padat seperti tandan kosong (EFB/TKKS), serat, dan cangkang sawit juga memiliki nilai energi tinggi yang dapat dikonversi menjadi bahan bakar padat seperti briket dan pelet. Penelitian oleh (Indah et al., 2024) menunjukkan bahwa briket yang dibuat dari campuran serbuk kayu dan cangkang sawit dengan perekat tapioka memiliki nilai kalor mencapai 5.800 kal/g, yang telah memenuhi standar SNI 01-6235-2000. Hasil serupa diperoleh oleh (Harahap et al., 2024) yang melaporkan bahwa variasi rasio campuran tandan kosong dan cangkang sawit berpengaruh signifikan terhadap kadar abu dan nilai kalor akhir. Selain efisiensi energi, penggunaan limbah padat sawit sebagai bahan bakar padat juga dapat mengurangi volume limbah padat di area pabrik hingga 60%, serta

memberikan peluang ekonomi baru melalui diversifikasi produk energi biomassa (July 2023, 2023).

Dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit, salah satu unit penting yang berperan dalam penyediaan energi panas adalah mesin boiler, yang berfungsi menghasilkan uap untuk keperluan proses perebusan tandan buah segar (TBS) dan penggerak turbin. Bahan bakar utama yang digunakan pada boiler pabrik kelapa sawit umumnya berupa cangkang (shell) dan serabut (fiber), yang keduanya merupakan limbah padat hasil dari proses pengepresan minyak. Pembakaran kedua bahan bakar biomassa ini menghasilkan residu berupa abu, yang secara teknis terbagi menjadi abu dash dan abu hopper (Yani, 2021).

2.2.1. Abu Desch

Abu desch merupakan hasil hasil pembakaran dari serat (*fiber*) kelapa sawit yang terbawa bersama aliran gas panas menuju bagian atas boiler. Abu ini kemudian tertangkap oleh sistem pengendali debu seperti *cyclone separator* atau *dust collector hopper*. Teksturnya lebih halus dibandingkan abu dash, menyerupai serbuk semen, dan berwarna abu-abu muda. Kandungan mineralnya didominasi oleh silika, magnesium oksida (MgO), dan kalium oksida (K₂O) yang cukup tinggi. Karena memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, abu hopper sering disebut juga fly (Christian & Kushartomo, 2024).



Gambar 2. 1 Abu Desch

2.2.2 Abu Hopper

Abu hopper merupakan ash pembakaran dari cangkang kelapa sawit yang umumnya terkumpul di bagian dasar tungku atau *furnace*. Abu ini bersifat lebih kasar dan padat karena berasal dari partikel berat yang jatuh akibat gravitasi selama proses pembakaran. Komposisi kimia abu dash didominasi oleh silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), serta mengandung karbon tidak terbakar yang cukup tinggi, sehingga masih memiliki potensi kalor residu (Pinem & Situmorang, 2023). Abu ini sering disebut juga bottom ash, dan termasuk kategori limbah padat non-B3 yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut setelah dilakukan karakterisasi kimia dan (Rahman et al., 2020).



Gambar 2. 2 Abu Hopper

2.3 Energi dan Biomassa

Energi adalah kemampuan melakukan kerja yang berasal dari sumber terbarukan (mis. surya, air, angin, biomassa) maupun tak terbarukan (batu bara, minyak, gas) (Masse, Sikazwe, & Lichinga, 2023). Dalam konteks transisi energi

Indonesia, biomassa menempati posisi penting untuk menekan emisi sektor industri dan ketenagalistrikan, baik sebagai pengganti langsung bahan bakar fosil (briket/pelet) maupun sebagai bahan baku co-firing di PLTU. Laporan transisi energi nasional juga menempatkan biomassa sebagai salah satu opsi yang paling siap secara teknis untuk dekarbonisasi bertahap jaringan listrik dan panas proses industri (Arifandy,IMAM M, Cynthia, pandu eka, 2021).

Biomassa adalah bahan organik dari limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, dan industri (mis. serbuk gergaji, sekam padi, cangkang/serabut sawit). Literatur Indonesia menegaskan bahwa pengolahan biomassa menjadi biobriket mampu mengurangi ketergantungan pada fosil sekaligus mengonversi limbah menjadi energi padat yang mudah ditangani dan disimpan. Standar mutu acuan di Indonesia merujuk SNI 01-6235-2000 (kadar air $\leq 8\%$, kadar abu $\leq 8\%$) sering digunakan dalam penelitian briket biomassa di tanah air (Imam Ardiansyah et al., 2022).

Dari perspektif iklim, biomassa kerap diposisikan sebagai mendekati karbon-netral karena CO₂ yang dilepas saat pembakaran setara dengan yang diserap saat pertumbuhan feedstock (dengan catatan pengelolaan berkelanjutan). Riset rekayasa energi manufaktur di Indonesia juga menempatkan co-firing biomassa di PLTU sebagai langkah dekarbonisasi operasional yang kompatibel dengan infrastruktur eksisting, seraya membahas isu mutu bahan baku dan kontinuitas pasokan (Hani & Purwoto, 2025).

2.4 Briket Sebagai Energi Alternatif

Briket adalah bahan bakar padat yang dihasilkan dari pemampatan bahan organik (biomassa) dengan atau tanpa perekat. Tujuan pembentukan briket adalah untuk meningkatkan densitas dan kemudahan penanganan bahan baku yang biasanya berstruktur longgar atau berdebu. Dalam aplikasi praktis, briket menawarkan beberapa keunggulan: efisiensi pembakaran yang baik, emisi gas yang relatif rendah, serta kemudahan penyimpanan dan transportasi.

Standar mutu briket di Indonesia secara luas merujuk SNI 01-6235-2000 (Briket Arang Kayu), yang mensyaratkan:

1. Kadar air $\leq 8\%$
2. Kadar abu $\leq 8\%$

Dalam konteks limbah abu boiler, ide menambahkan bahan karbon aktif (misalnya dari serbuk kayu, sekam padi) sebagai campuran aditif bisa menjadi strategi untuk meningkatkan nilai kalor briket. Misalnya, penelitian tentang briket arang dari limbah kayu/jingga menunjukkan bahwa kombinasi bahan baku bisa membantu mendekatkan nilai kalor ke cakupan standar SNI (Wulandari et al., 2025).

2.5 Uji Kualitas Briket

Uji kualitas briket merupakan tahapan penting dalam memastikan bahwa produk bahan bakar padat yang dihasilkan memenuhi standar mutu nasional dan dapat digunakan secara efisien serta aman. Pengujian mutu dilakukan dengan mengacu pada SNI 01-6235-2000 tentang *Briket Arang Kayu* atau SNI 8675:2018

untuk *Biobriket Biomassa*. Standar ini menetapkan beberapa parameter utama yang digunakan sebagai indikator performa energi dan stabilitas pembakaran briket (Imam Ardiansyah et al., 2022).

2.5.1 Kadar Air (%)

Kadar air menunjukkan jumlah kandungan air yang tersisa di dalam briket setelah proses pengeringan. Kandungan air yang terlalu tinggi akan menurunkan nilai kalor dan menyulitkan penyalaan karena sebagian energi digunakan untuk menguapkan air. Standar SNI mensyaratkan kadar air maksimum bahwa variasi bahan baku dan perekat dapat memengaruhi kadar air, di mana briket dengan bahan dasar biomassa kering (misalnya serbuk kayu atau abu boiler) menghasilkan kadar air lebih rendah dibanding bahan organik basah seperti ampas tebu.

2.5.2 Kadar Abu (%)

Kadar abu merupakan residu padat yang tersisa setelah proses pembakaran selesai. Abu ini tidak memiliki nilai kalor, sehingga semakin tinggi kadar abu, semakin rendah pula efisiensi pembakaran. Nilai ideal kadar abu pada briket biomassa menurut SNI adalah $\leq 8\%$. Kadar abu dipengaruhi oleh komposisi bahan dan suhu karbonisasi. Briket dengan campuran abu boiler dan serbuk kayu memiliki kadar abu rata-rata 7,2%, yang masih sesuai dengan standar mutu nasional.

2.6 Analysis Of Variances (ANOVA)

Analisis varians merupakan suatu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data dari beberapa variabel guna membedakan cara pengumpulan atau pendekatan studi yang digunakan. Teknik ini umum diterapkan dalam penelitian

ilmiah, khususnya ketika dilakukan perbandingan antar beberapa kelompok sampel yang saling independen. Dalam penerapannya, variabel terikat dibandingkan berdasarkan kelompok yang diamati. Umumnya, analisis varians digunakan dalam jenis penelitian survei maupun eksperimen (Septiadi A. & Ramadhani W. K., 2020).

ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis mengenai perbedaan rata-rata suatu variabel kriterium yang melibatkan lebih dari dua kelompok atau sampel. Penggunaan ANOVA dapat diterapkan baik pada penelitian eksperimen dengan rancangan seperti simple randomized design dan group-within treatment design, 33 maupun pada penelitian ex post facto atau causal-comparative. Inti dari analisis ini bukan semata-mata pada pengujian perbedaan nilai rata-rata, melainkan pada pengujian perbedaan varians antar kelompok (Dan, n.d.).

Analisis varians satu arah (one-way ANOVA) adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata dari dua kelompok atau lebih berdasarkan satu faktor atau variabel bebas. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui apakah suatu perlakuan atau kategori memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel yang diamati. Dalam praktiknya, ANOVA satu arah digunakan dalam penelitian eksperimen dengan desain acak sederhana maupun dalam studi ex post facto, di mana variabel terikat diuji terhadap beberapa kelompok yang saling independen. Esensi utama dari ANOVA bukan hanya pada perbedaan nilai rata-rata, tetapi pada pengujian perbedaan varians antar kelompok, yang menunjukkan apakah variasi antar perlakuan lebih besar dibandingkan variasi dalam kelompok (R & Wardana, 2025).

Dalam penelitian ini, ANOVA satu arah digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah perekat tepung tapioka terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan dari limbah kulit singkong. Karena penelitian hanya melibatkan satu variabel bebas (jumlah perekat) dan bertujuan membandingkan hasil dari beberapa perlakuan, maka pendekatan ANOVA satu arah dianggap paling sesuai untuk menguji signifikansi perbedaan antar kelompok perlakuan dalam variabel-variabel seperti kadar air, kadar abu, dan nilai kalor briket.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya bertujuan untuk memberikan referensi bagi peneliti dan membantu peneliti dalam menghindari kesan adanya kesamaan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, peneliti mencantumkan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Harahap et al., 2024	Pembuatan Biobriket Dari Campuran Limbah Padat Kelapa Muda (Cocos Nucifera L) Dan Bottom Ash (Abu	Proximate	Hasil penelitian biobriket didapat hasil optimum yaitu pada komposisi campuran 70:30 kadar perekat 2 gram, dimana kadar air sebesar 1,013%, kadar

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Boiler Pabrik Kelapa Sawit) Menggunakan Perekat Getah Karet		abu 1,60%, zat terbang 9,35%, kadar karbon 88,54%, laju pembakaran 0,213 gr/menit dan nilai kalor didapat sebesar 7255,73 cal/gr. Dimana hasil penelitian memenuhi standar SNI 01-6235-2000.
Pratiwi et al., 2024	Optimasi Nilai Kalor Biobriket Dari Pemanfaatan Abu Padat (Bottom Ash) Dan Pelepah Sawit Dengan Perekat Sintetis (Synthetic Rubber Addhesive)	Eksperimen	Penelitian yang di lakukan Biobriket 1 dan Biobriket 2 memenuhi standar yang mau di uji berdasarkan SNI 01-6235-2000. Dari hasil penelitian yang di dapat kan dan di tuliskan diketahui bahwa Biobriket 2 mendapatkan hasil

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			terbaik karena menghasilkan nilai kalor sebesar 6659,05 kal/g , nilai kadar air sebesar 6,47% ,sedangkan Biobriket 1 menghasilkan nilai kalor 5051,45 kal/g, nilai kadar air sebesar 7,05%. Biobriket 2 juga memiliki potensi energi yang dapat di hasilkan lebih besar dari biobriket 1 yang dimana menghasilkan nilai 7,743 kWh dan 5,874 kWh dengan Biobriket 2 lebih besar 1,869 kWh/kg dari Biobriket 1.
Junianti et al., 2024	Pembuatan Briket dengan Variasi	American Societfor Testing	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Ukuran Partikel Cangkang Kelapa Sawit (CKS) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	and Materials(ASTM)	dapat disimpulkan bahwa variasi ukuran partikel yang semakin kecil menghasilkan kualitas briket yang semakin baik. Dapat dilihat dari ukuran partikel 60 mesh diperoleh kadar air sebesar 5.5941%, kadar abu 7.9573%, kadar zat terbang 14.3878% dan nilai kalor 5745 kal/g. Pada ukuran partikel 80 mesh diperoleh kadar air 5.5344%, kadar abu 5.9340%, kadar zat terbang 12.4887% dan nilai kalor 6108 kal/g. sementara pada ukuran partikel 100 mesh

Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			didapatkan kadar air 4.9197%, kadar abu 3.9698%, kadar zat terbang 10.1453% dan nilai kalor 6257 kal/g. Dari hasil yang didapatkan untuk setiap variasi ukuran partikel briket telah memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang briket arang.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan limbah industri, khususnya limbah hasil pembakaran pada mesin boiler, dengan memanfaatkannya menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan limbah abu boiler ini tidak hanya berfungsi untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan, tetapi juga sebagai upaya peningkatan efisiensi energi melalui inovasi pemanfaatan bahan bakar terbarukan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan analisis variansi (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh variabel proses terhadap kualitas briket yang dihasilkan. Data diperoleh melalui pengujian

langsung terhadap sampel briket hasil pemanfaatan limbah mesin boiler. Parameter yang dianalisis meliputi nilai kalor, kadar abu, kadar air, kerapatan massa, waktu pembakaran, dan laju pembakaran.

Melalui penerapan metode ANOVA, penelitian ini diharapkan dapat menentukan kombinasi faktor yang paling berpengaruh terhadap performa briket sehingga dihasilkan produk yang memenuhi standar mutu serta memberikan manfaat ekonomis dan ekologis bagi perusahaan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati secara langsung pengaruh variasi material terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pada saat proses penyusunan untuk penelitian ini, penulis melakukan penelitian di salah satu pabrik kelapa sawit yaitu PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM yang terletak di Batu Lokong, Kec. Galang, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20585. Pembuatan biobriket dilakukan di Laboratorium Terintegrasi Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan Area. Sementara itu, kegiatan pengujian kualitas biobriket dilaksanakan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Medan. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Januari 2025.

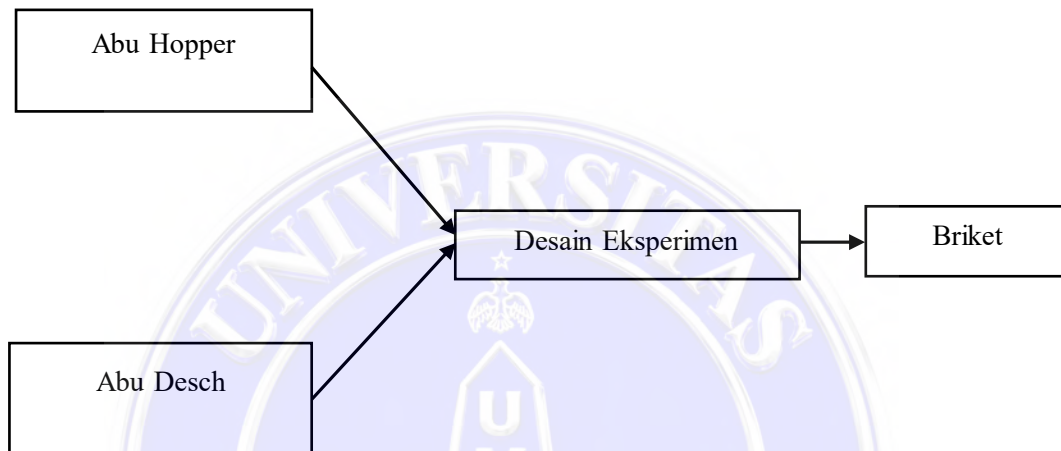
3.3 Objek Penelitian

Objek utama dalam penelitian ini adalah abu hasil dari pembakaran mesin boiler yang berasal dari proses produksi minyak kelapa sawit di PT PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang. Limbah ini dipilih karena ketersediaannya yang melimpah setiap hari, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Dalam

penelitian ini, abu boiler diolah menjadi biobriket dan dianalisis karakteristiknya sebagai bahan bakar alternatif.

3.4 Kerangka Konseptual

Berikut ini merupakan kerangka konseptual yang digunakan untuk penelitian ini :



Gambar 3. 1 Kerangka Konseptual

Defenisi Operasional:

1. Limbah Pembakaran Boiler

Terdapat 2 jenis abu dari limbah pembakaran boiler antara lain:

a. Abu Desch

Abu Desch dalam penelitian ini adalah abu hasil dari pembakaran boiler dari proses produksi pabrik kelapa sawit yang berasal dari *fiber* kelapa sawit yang belum mengalami perlakuan apapun. Limbah boiler ini digunakan sebagai salah satu bahan utama pembuatan briket dengan rata rata berat 13 kg Abu Desch yang dihasilkan dalam sehari.

b. Abu Hopper

Abu Hopper adalah abu hasil dari pembakaran boiler dari produksi pabrik kelapa sawit yang berasal dari cangkang kelapa sawit yang belum dilakukan tindakan lanjutan. Boiler dapat menghasilkan abu hopper dengan rata-rata 26 kg per 1 hari produksi. Limbah ini menjadi salah satu bahan utama dalam pembuatan briket.

2. Desain Eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen untuk mengetahui pengaruh variasi jenis abu terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan dari limbah abu pembakaran mesin boiler. Terdapat 4 eksperimen dalam percobaan ini yang dimana dibagi atas 2 jenis variasi yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Variasi 80% : 20 %

- a. Eksperimen 1 : 80% Abu Hopper (Cangkang) + 20% Abu Desch (Fiber)
- b. Eksperimen 2 : 80% Abu Desch (Fiber) + 20% Abu Hopper (Cangkang)

2. Variasi 60% : 40%

- a. Eksperimen 3 : 60% Abu Hopper (Cangkang) + 40% Abu Desch (Fiber).
- b. Eksperimen 4 : 40% Abu Hopper (Cangkang) + 60% Abu Desch (Fiber).

3. Produk Briket

Hasil yang didapatkan dari pemanfaatan limbah abu pembakaran mesin boiler adalah Briket Abu Boiler.

3.5 Hipotesis

Dalam penelitian ini, penulis merumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. H_0 (Hipotesis Nol):

Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi komposisi jenis abu terhadap kualitas biobriket abu boiler, yang ditinjau dari kadar air dan kadar abu.

2. H_a (Hipotesis Alternatif):

Terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi abu terhadap kualitas biobriket abu desch dan abu hopper, yang ditinjau dari kadar air, dan kadar au.

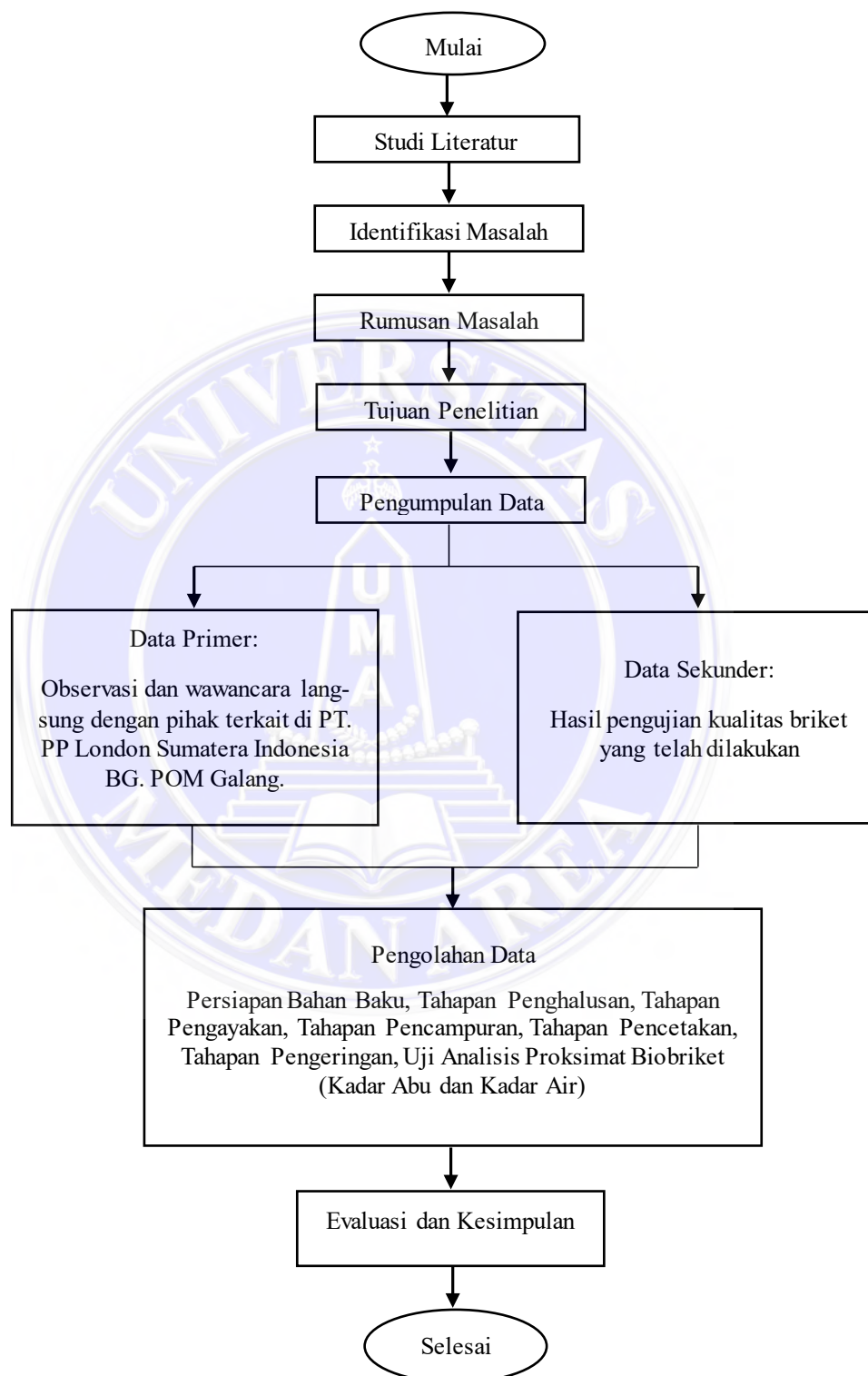
Interpretasi Data

Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi perekat terhadap variabel - variabel terikat seperti kadar air, dan kadar abu, digunakan uji statistik ANOVA satu arah (One Way ANOVA).

Hasil dari uji ANOVA akan menghasilkan nilai signifikansi (Sig./p-value) untuk masing-masing variabel. Jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi komposisi perekat terhadap variabel kualitas briket yang diuji. Sebaliknya, jika nilai signifikansi $> 0,05$, maka variasi tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas briket. Interpretasi ini penting dalam menentukan apakah komposisi perekat memiliki kontribusi nyata terhadap performa biobriket yang dihasilkan, serta membantu dalam memilih formulasi yang paling optimal.

3.6 Diagram Alir Proses Penelitian

Dalam diagram alir proses penelitian ini akan digambarkan dalam bentuk flowchart untuk memudahkan dalam proses penelitian.



Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan limbah pembakaran boiler menjadi briket, serta analisis data pengujian kadar abu dan kadar air menggunakan metode ANOVA, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi komposisi abu hopper dan abu desch berpengaruh terhadap karakteristik briket yang dihasilkan. Perbedaan komposisi campuran menyebabkan perbedaan nilai kadar air dan kadar abu pada setiap perlakuan, sehingga komposisi bahan baku menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas briket.
2. Proses pengolahan limbah abu hopper dan abu desch hasil pembakaran mesin boiler dengan menggunakan perekat tepung tapioka dapat dilakukan secara bertahap dan terkontrol. Tahapan tersebut meliputi persiapan bahan baku, penghalusan untuk memperkecil ukuran partikel, pengayakan untuk memperoleh ukuran yang lebih seragam, pencampuran abu dengan perekat hingga homogen, pencetakan briket dengan tekanan tertentu, serta proses pengeringan untuk menurunkan kadar air. Rangkaian proses ini mampu menghasilkan briket yang terbentuk dengan baik, memiliki kepadatan yang cukup, dan siap untuk dilakukan pengujian lebih lanjut.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa briket dengan dominasi abu hopper cenderung memiliki kadar air yang lebih rendah, sedangkan briket dengan

dominasi abu desch cenderung memiliki kadar air yang lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan perbedaan sifat fisik kedua jenis abu, khususnya ukuran partikel dan kemampuan menyerap air.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan parameter pengujian lain seperti nilai kalor, kuat tekan, dan laju pembakaran agar kualitas briket dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.
2. Perlu dilakukan variasi komposisi bahan yang lebih beragam, baik dari perbandingan abu hopper dan abu desch maupun dari jumlah dan jenis bahan perekat, guna mendapatkan formulasi briket yang lebih optimal.
3. Proses pengeringan briket perlu dikaji lebih lanjut, baik dari segi suhu maupun waktu pengeringan, karena kadar air sangat berpengaruh terhadap mutu dan daya simpan briket.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak perusahaan dalam mengembangkan pengelolaan limbah abu boiler secara berkelanjutan, khususnya sebagai alternatif bahan bakar padat yang ramah lingkungan.
5. Bagi penelitian akademik selanjutnya, pemanfaatan limbah abu boiler menjadi briket dapat dikombinasikan dengan bahan biomassa lain untuk meningkatkan kualitas briket tanpa mengabaikan aspek lingkungan dan ketersediaan bahan baku.

DAFTAR PUSTAKAS

- Afra Hanna Haifa, A. Y. O. U. K. (2024). *Tantangan dan Solusi Pengelolaan Limbah Industri: Upaya Menuju Lingkungan Yang Bersih dan Berkelanjutan (Program Studi SI Ilmu Hukum, Fakultas Hukum Universitas Negeri Semarang)*. 10(23), 1133–1139.
- Arifandy,IMAM M, Cynthia, pandu eka, sabriani. (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil PKS Sungai Galuh. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(1), 116–122. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/14915/7050>
- Christian, M., & Kushartomo, W. (2024). Analisis Penggunaan Abu Cangkang Sawit Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 29–36. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.24906>
- Dan, K. (n.d.). *No Title*.
- Dwi Hastuti, S., Ulinna'mah, L. I., & Kurniawan, A. (2025). Analisis Kualitas Fisik Briket Bioarang Dari Limbah the Dengan Perekat Organik. *Jurnal Agritechno*, 18(01), 80–87. <https://doi.org/10.70124/at.v18i1.1482>
- Hani, S. N., & Purwoto, H. (2025). *Analisis Pengelolaan Lingkungan Perkebunan Kelapa Sawit Dalam Implementasi Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO)*. 3, 402–410.
- Harahap, H., Ibrahim, I., Ginting, Z., Kurniawan, E., & Muhammad, M. (2024).

Pembuatan Biobriket Dari Campuran Limbah Padat Kelapa Muda (*Cocos Nucifera* L) Dan Bottom Ash (Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit) Menggunakan Perakat Getah Karet. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 4(2), 192–205. <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i2.14168>

Imam Ardiansyah, Yandra Putra, A., & Sari, Y. (2022). Analisis Nilai Kalor Berbagai Jenis Briket Biomassa Secara Kalorimeter. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(2), 120. [https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(2\).10735](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(2).10735)

Indah, M., Hasan, A., & Junaidi, R. (2024). Pembuatan Biobriket Cangkang Sawit dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Muffer Furnace. *Jurnal Serambi Engineering*, IX(4), 11164–11174.

July 2023. (2023). July.

Junianti, F., Diana, S., Ramdhani, A., Lestari, R. I., Pradana, I., & Ranggina, A. A. D. (2024). *Pembuatan Briket dengan Variasi Ukuran Partikel Cangkang Kelapa Sawit (CKS) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Politeknik ATI Makassar, Makassar Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

Karunia Candra, M., & Indah Purwaningrum, S. (2021). Jurnal pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 3(1), 54–63.

Pratiwi, W. C., Studi, P., Industri, T., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2024). *Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim*

Riau Disusun Oleh:

- R, F., & Wardana, A. (2025). Penerapan Anova One Way Untuk Menganalisis Pengaruh Pendidikan Terhadap Pendapatan Individu Menggunakan Python Serta Visualisasi Data Dengan Looker Studio. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 4(2), 85–95. <https://doi.org/10.47709/dsi.v4i2.5363>
- Rahman, F., Hidayat, G., & Bertiani, N. (2020). Dan Serabut Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Semen. *Info Teknik*, 21(2), 227–242.
- Septiadi A., & Ramadhani W. K. (2020). Penerapan Metode Anova untuk Analisis Rata-rata Produksi Donat, Burger, dan Croissant pada Toko Roti Animo Bakery. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2), 60–64.
- Wibowo, A., Kusumawati, N. A., Athira, Y. M., Ananda, P., & Antoni, H. (2023). Analisis Dampak Kawasan Industri Terhadap Lingkungan Masyarakat di Kecamatan Gunungputri. *Jurnal Pemuliaan Hukum*, 5(2), 119–128. <https://doi.org/10.30999/jph.v5i2.2637>
- Wulandari, F. T., Radjali Amin, & Dhimas Mardiyanto Prasetyo. (2025). Karakteristik Mutu Briket Arang Dari Limbah Kayu Kemiri, Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 43(1), 21–30. <https://doi.org/10.55981/jphh.2025.5548>
- Yani, P. (2021). Pengaruh Campuran Partikel Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton. *Einstein*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.24114/eins.v9i1.28848>



LAMPIRAN

1. Hasil Uji Laboratorium Abu Hopper 80% + Abu Desch 20%

LABORATORIUM PENGUJI BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN (LP-BSPJI MEDAN)
Laboratory of Center for Standardization and Industrial Service Medan

Nomor Sertifikat
Certificate Number : 0030/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-P/I/2026

Halaman
Page : 2 dari 2
2 of 2

Validasi
Validity

HASIL UJI
THE TEST RESULT

No	Parameter	Unit	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kadar Abu	%	6,88	Gravimetri
2	Kadar Air	%	29,0	Gravimetri

Medan, 26 Januari 2026
Manajer Teknis Laboratorium Pengujian
Technical Manager of Testing Laboratory

Fadhil Maulzandy Amri
NIP. 198301102005021001

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap contoh tersebut diatas
This Certificate relate only to sample that been analysed
Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP – BSPJI MEDAN
Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP – BSPJI Medan

2. Hasil Uji Laboratorium Abu Desch 80% + Abu Hopper 20%

LABORATORIUM PENGUJI BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN (LP-BSPJI MEDAN)
Testing Laboratory of Center for Standardization and Industrial Service Medan

Nomor Sertifikat
Certificate Number : 0031/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-P/I/2026

Halaman
Page : 2 dari 2
2 of 2

Validasi
Validity : 2

HASIL UJI THE TEST RESULT

No	Parameter	Unit	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kadar Abu	%	4,99	Gravimetri
2	Kadar Air	%	25,9	Gravimetri

Medan, 26 Januari 2026
Manajer Teknis Laboratorium Pengujian
Technical Manager of Testing Laboratory

Fachri Maulzandy Amri
NIP. 198301102005021001

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap contoh terdapat diatas
This Certificate is valid only for sample that been analyzed
Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP - BSPJI MEDAN
Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP - BSPJI MEDAN

3. Hasil Uji Laboratorium Abu Hopper 60% + Abu Desch 40%

LABORATORIUM PENGUJI BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN (LP-BSPJI MEDAN)
Testing Laboratory of Center for Standardization and Industrial Service Medan

Nomor Sertifikat
Certificate Number : 0029/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-PII/2026

Halaman
Page : 2 dari 2
2 of 2

Validasi
Validity

HASIL UJI
THE TEST RESULT

No	Parameter	Unit	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kadar Abu	%	5,61	Gravimetri
2	Kadar Air	%	20,3	Gravimetri

Medan, 26 Januari 2026
Manajer Teknis Laboratorium Pengujian
Technical Manager of Testing Laboratory

Fadhil Maulizandy Amri
NIP. 198301102005021001

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap contoh terlampir diatas
This Certificate relate only to sample that have analyzed

Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP – BSPJI MEDAN
Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP – BSPJI Medan

4. Hasil Uji Laboratorium Abu Hopper 40% + Abu Desch 60%

LABORATORIUM PENGUJI BALAI STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI MEDAN (LP-BSPJI MEDAN)
Testing Laboratory of Center for Standardization and Industrial Service Medan

Nomor Sertifikat : 0028/BSKJI/BSPJI-Medan/MS-P/I/2026
Certificate Number

Halaman : 2 dari 2
Page : 2 of 2

Validasi : 
Validity

HASIL UJI THE TEST RESULT

No	Parameter	Unit	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kadar Abu	%	6,57	Gravimetri
2	Kadar Air	%	28,0	Gravimetri

Medan, 26 Januari 2026
Manajer Teknis Laboratorium Pengujian
Technical Manager of Testing Laboratory


Fadhil Maulizandy Amri
NIP. 198301102005021001

Sertifikat ini hanya berlaku terhadap sampel tersebut diatas
This Certificate valid only on sample that been analyzed

Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dan dengan persetujuan LP – BSPJI MEDAN
Certificate of analysis shall only be reproduced entirely and with approval from LP – BSPJI Medan

5. Surat Keterangan Selesai Riset

 LONSUM

Begerpang POM, 20 Januari 2026

PT. PP LONDON SUMATERA INDONESIA Tbk
Begerpang POM
Batu Lokong, Kec. Galang, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.

SURAT KETERANGAN SELESAI RISET
Nomor : 004/BGP/RS/I/2026

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arfan
Jabatan : Mill Manager

Dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa yang beridentitas :

Nama : Yose Yefta Napitupulu
NIM : 228150042
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Industri
Universitas : Universitas Medan Area

Telah selesai melakukan penelitian di PT. PP London Sumatera Indonesia Begerpang POM Galang terhitung mulai tanggal 19 Desember 2025 sampai dengan 19 Januari 2026 untuk memperoleh data dalam rangka penyusunan tugas akhir yang berjudul "PEMANFAATAN LIMBAH PEMBAKARAN BOILER MENJADI BRIKET MENGGUNAKAN METODE ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia Begerpang POM Galang".

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya dan untuk dapat digunakan seperlunya, terimakasih.

PT. PP London Sumatera Indonesia Tbk
Begerpang POM


Arfan
Mill Manager



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax (061) 7366596 Medan 20223
Kampus II : Jalan Seliabud Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 708/FT.5/01.10/XII/2025

19 Desember 2025

Lamp : -

H a l : Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir

Yth. Pimpinan PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang
Batu Lokong, Kec. Galang
Di
Deli Serdang

Dengan hormat,
Kami mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Yose Yefta Napitupulu	228150042	Teknik Industri

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian :

Pemanfaatan Limbah Pembakaran Boiler Menjadi Briket Menggunakan Metode ANOVA di PT. PP London Sumatera Indonesia BG. POM Galang

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Dekan



Dr. Edg Supriatno, ST, MT

Tembusan :

1. Ka. BPMPP
2. Mahasiswa
3. File



6. Surat Pengantar Riset



