



**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU PIROLISIS DAN
BERAT BIOMASSA TERHADAP *YIELD* DAN KUALITAS
BIO-OIL DARI SEKAM PADI**

SKRIPSI

Oleh:

Fadillah Ramadhan

NIM. 2002321001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

AGUSTUS 2024

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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



**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU PIROLISIS DAN
BERAT BIOMASSA TERHADAP *YIELD* DAN KUALITAS
BIO-OIL DARI SEKAM PADI**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi,
Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

AGUSTUS 2024



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU PIROLISIS DAN BERAT BIOMASSA
TERHADAP *YIELD* DAN KUALITAS *BIO-OIL* DARI SEKAM PADI

Oleh :
Fadillah Ramadhan
NIM. 2002321001
Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Adi Syuriadi, S.T., M.T
NIP.197611102008011011

Pembimbing 2

Agus Sukandi, Ir., M.T.
NIP.196006041998021001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro Deder Eka Saputra, S.Pd., M.T.
NIP.199403092019031013

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU PIROLISIS DAN BERAT BIOMASSA
TERHADAP *YIELD* DAN KUALITAS *BIO-OIL* DARI SEKAM PADI

Oleh:

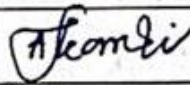
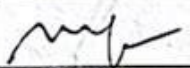
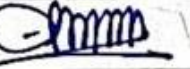
Fadillah Ramadhan

NIM. 2002321001

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 29 Agustus 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ir. Agus Sukandi, M.T. NIP. 196006041998021001	Ketua		29/8/2024
2.	Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. NIP. 197312282008121001	Penguji 1		29/8/2024
3.	Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. NIP. 199107212018032001	Penguji 2		29/8/2024

Depok, 29 Agustus 2024

Disahkan oleh:

Kepala Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197707142008121005



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fadillah Ramadhan

NIM : 2002321001

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil saya sendiri bukan jiplakan (plagiat) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya.

Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 29 Agustus 2024



Fadillah Ramadhan

NIM.2002321001

Hak Cipta :

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

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU PIROLISIS DAN BERAT BIOMASSA TERHADAP *YIELD* DAN KUALITAS *BIO-OIL* DARI SEKAM PADI

Fadillah Ramadhan¹⁾, Adi Syuriadi¹⁾, Agus Sukandi¹⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424

Email: fadillah.ramadhan.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia meningkat seiring bertambahnya penduduk, namun tidak diimbangi dengan ketersediaan energi yang memadai. Penggunaan energi fosil menimbulkan dampak negatif seperti pemanasan global dan polusi. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, di mana biomassa sekam padi, sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah di Indonesia, memiliki potensi besar sebagai bahan baku untuk energi alternatif. Penelitian ini bertujuan mengubah biomassa sekam padi menjadi bio-oil menggunakan metode pirolisis dan menganalisis bio-oil yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan komparatif. Pada suhu 500°C, yield bio-oil lebih tinggi dibandingkan dengan 600°C untuk semua berat biomassa yang diuji. Rata-rata yield pada 500°C mencapai 34,7% untuk 500 gram, 33,5% untuk 1000 gram, dan 32,7% untuk 1500 gram. Pada 600°C, yield menurun menjadi 31,3% untuk 500 gram, 32,3% untuk 1000 gram, dan 30,9% untuk 1500 gram. Penurunan ini menunjukkan bahwa suhu lebih tinggi mengurangi efisiensi produksi bio-oil, karena reaksi sekunder seperti cracking termal lebih dominan. Densitas dan viskositas bio-oil juga menurun dengan peningkatan suhu pirolisis. Densitas pada 500°C adalah 1,389 g/ml, sedangkan pada 600°C menurun menjadi 1,334 g/ml. Viskositas turun dari 1,310 cP pada 500°C menjadi 1,229 cP pada 600°C, menunjukkan bahwa bio-oil menjadi lebih encer pada suhu lebih tinggi.

Kata kunci : *Biomassa, Pirolisis, Sekam padi, Bio-oil, Biochar*

Hak Cipta :

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

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PYROLYSIS TEMPERATURE AND BIOMASS WEIGHT ON THE YIELD AND QUALITY OF BIO-OIL FROM RICE HUSK

Fadillah Ramadhan¹⁾, Adi Syuriadi¹⁾, Agus Sukandi¹⁾

Energy Conversion Engineering Technology Applied Undergraduate Study Program, Department of Mechanical Engineering, Jakarta State Polytechnic, UI Campus, Depok, 16424

Email: fadillah.ramadhan.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Energy demand in Indonesia is increasing with the growing population, but it is not matched by adequate energy availability. The use of fossil energy causes negative impacts such as global warming and pollution. Therefore, environmentally friendly alternative energy sources are needed. Rice husk biomass, as one of the abundant renewable energy sources in Indonesia, has great potential as a raw material for alternative energy. This study aims to convert rice husk biomass into bio-oil using the pyrolysis method and analyze the resulting bio-oil. The methods used are experimental and comparative. At 500°C, the bio-oil yield is higher compared to 600°C for all biomass weights tested. The average yield at 500°C reached 34.7% for 500 grams, 33.5% for 1000 grams, and 32.7% for 1500 grams. At 600°C, the yield decreased to 31.3% for 500 grams, 32.3% for 1000 grams, and 30.9% for 1500 grams. This decrease indicates that higher temperatures reduce the efficiency of bio-oil production due to secondary reactions such as thermal cracking. The density and viscosity of bio-oil also decreased with increasing pyrolysis temperature. The density at 500°C was 1.389 g/ml, while at 600°C it decreased to 1.334 g/ml. Viscosity dropped from 1.310 cP to 1.229 cP, indicating that the bio-oil became more fluid at higher temperatures.

Keywords Biomass, Pyrolysis, Rice Husks, Bio-oil, Biochar

Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pengaruh Variasi Suhu Pirolisis dan Berat Biomassa Terhadap Yield dan Kualitas Bio-Oil dari Sekam Padi**” ini dengan lancar dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan dan bimbingan serta bantuan selama proses pengerjaan skripsi dan segala aktivitas dapat berjalan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang Tua penulis yang tidak pernah lelah dan bosan mendidik dan memberikan dukungan moril maupun materil, tidak lupa juga kepada keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, kehangatan, cinta dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Adi Syuriadi, M.T. dan Bapak Agus Sukandi, Ir,M.T.selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan hingga penelitian ini selesai.
3. Pihak PT.After Oil yang telah memberikan izin atas peminjaman alat pirolisis dan bantuan selama pengambilan data penelitian.
4. ENPO 20, Zhalzabilla Shafa Alfitra, dan semua teman dekat saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang penulis senantiasa menemani dari awal pendidikan di Program Studi Teknoloi Rekayasa Konversi Energi, dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Depok, 29 Agustus 2024

Fadillah Ramadhan

NIM. 2002321001

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Biomassa.....	6
2.1.2 Sekam Padi	7
2.1.3 <i>Pirolisis</i>	8
2.1.4 <i>Yield Bio-Oil</i>	16
2.1.5 Viskositas.....	17
2.1.6 Densitas.....	17
2.2 Kajian Literatur	18
2.3 Kerangka Pemikiran	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	46
3.1 Jenis Penelitian	46
3.1.1 Diagram Penelitian	46
3.2 Objek Penelitian	49



Hak Cipta :

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

3.3 Metode Pengambilan Sampel	57
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	61
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian	61
3.6 Metode Analisis Data	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1 Hasil Penelitian.....	63
4.1.1 Hasil Produk <i>Pirolisis</i>	63
4.1.2 Perhitungan Hasil Pirolisis.....	66
4.1.3 Hasil Kualitas Produk Pirolisis	67
4.2 Pembahasan	68
4.2.1 Analisis Pengaruh Temperatur Suhu Terhadap <i>Yield Bio-oil</i> yang dihasilkan.	68
4.2.2 Analisis Hasil Kualitas <i>Bio-Oil</i>	72
BAB V KESIMPULAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	65

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pirolisis dengan berat biomassa 500 gram.	64
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pirolisis dengan berat biomassa 1000 gram.	64
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pirolisis dengan berat biomassa 1500 gram.	65
Tabel 4.4 Rendemen/Yield Hasil Pirolisis Biomassa Sekam Padi	66
Tabel 4.5 Karakteristik Bio-oil	67



Hak Cipta :

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





Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sekam Padi.....	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 3. 2 Objek Penelitian Alat Pirolisis	49
Gambar 3. 3 Feeder	50
Gambar 3. 4 Reaktor Pirolisis	50
Gambar 3.5 Motor DC	51
Gambar 3.6 Blower	52
Gambar 3.7 Pompa Oli.....	53
Gambar 3. 8 Pompa Air	55
Gambar 3. 9 Kondensor	55
Gambar 3. 10 Tempat penampungan bio-oil.....	57
Gambar 3.11 Flow Diagram Pirolisis.....	57
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pirolisis dengan berat biomassa 500 gram	68
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pirolisis dengan berat biomassa 1000 gram	70
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pirolisis dengan berat biomassa 1500 gram	71
Gambar 4.4 Grafik Hasil Densitas Bio-oil.....	72
Gambar 4.5 Grafik Hasil Viskositas Bio-oil.....	74



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sumber energi baru terbarukan masih banyak ditemukan Indonesia. Potensi biomassa Indonesia sangat besar yaitu mencapai atau setara dengan 56,97 GW listrik pertahun dan pada tahun 2060, dengan total kapasitas terpasang 18.664 MW, tahun 2023 akan di aplikasikan di 42 lokasi yang dapat menghasilkan 2.740 GWh energi ramah lingkungan dan mengonsumsi 2.2 juta ton biomassa(Direktorat Jenderal EBTKE, 2023). Salah satu sumber energi biomassa yang keberadaannya belum dimanfaatkan secara optimal karena dianggap sebagai limbah, adalah sekam padi. Selama ini sekam padi hanya dibakar begitu saja atau dijadikan sebagai media tanam. Menurut data BPS (2022), memiliki total produksi padi sekitar 54,75 juta ton Gabah Kering Giling GKG . Jika berat sekam padi yang dihasilkan adalah 22% dari berat gabah kering giling, maka jumlah produksi padi dapat menghasilkan sekam padi sekitar 46,259 ribu ton. Sekam padi memiliki nilai kalor sebesar 14,8 MJ/kg (Isworo Pujotomo, 2017). Dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya, proses konversi energi dari biomassa lebih hemat biaya. Biomassa dapat diubah menjadi bahan bakar berenergi tinggi melalui proses termokimia. Salah satu proses termokimia untuk konversi energi biomassa menggantikan energi fosil adalah dengan cara pirolisis.

Proses pirolisis melibatkan pemanasan biomassa hingga suhu tinggi antara 400 °C dan 700 °C dalam kondisi anoksik untuk menghasilkan biochar, bio-oil, dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Hasil sangat bergantung pada kondisi pengoperasian. Beberapa parameter penting dalam proses pirolisis: laju pemanasan, suhu akhir (suhu pirolisis), dan waktu tinggal di zona reaksi. Penelitian mengenai pirolisis semakin penting mengingat bahwa bio-oil yang dihasilkan dari proses ini dapat menjadi alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan, yang berpotensi mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Dengan demikian, memahami dan mengoptimalkan parameter-parameter yang mempengaruhi hasil pirolisis, seperti suhu dan berat biomassa, adalah langkah penting dalam pengembangan teknologi ini. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengeksplorasi potensi sekam padi sebagai bahan baku dalam pirolisis, serta menganalisis bagaimana variasi suhu dan berat biomassa mempengaruhi kuantitas dan kualitas bio-oil yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pengembangan energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan di masa depan.

Bio-oil yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan bakar cair, bahan baku bahan kimia, dan bahan baku produksi biochar (Czajczyńska et al., 2017). Meskipun teknologi ini masih dalam tahap pengembangan, banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk pirolisis serta mengoptimalkan penggunaan biomassa secara berkelanjutan. Bio-oil merupakan produk cair yang paling berharga dari proses ini karena dapat dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar cair, atau diolah lebih lanjut menjadi bahan kimia industri, biodiesel, atau bahkan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Keunggulan utama bio-oil dibandingkan bahan bakar fosil adalah potensi rendahnya emisi karbon dan polutan lainnya saat dibakar. Selain itu, bio-oil dapat diproduksi dari berbagai jenis biomassa, yang berarti bahan baku untuk produksinya tersedia secara melimpah dan beragam, terutama di negara agraris seperti Indonesia. Ini menjadikan bio-oil sebagai solusi energi yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga berkelanjutan secara ekonomi. Namun, meskipun memiliki potensi besar, bio-oil memiliki beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk penggunaannya secara luas. Salah satunya adalah sifat kimia dan fisiknya yang cenderung berbeda dari bahan bakar fosil konvensional, seperti viskositas yang tinggi, densitas yang bervariasi, dan kandungan air yang relatif tinggi. Sifat-sifat ini dapat mempengaruhi stabilitas, penyimpanan, dan performa pembakaran bio-oil, sehingga perlu dioptimalkan melalui proses pirolisis yang tepat.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Yield atau rendemen adalah salah satu parameter kunci dalam proses pirolisis yang menunjukkan efisiensi konversi biomassa menjadi produk akhir seperti bio-oil, biochar, dan gas. Rendemen ini sangat penting karena secara langsung berkaitan dengan potensi ekonomi dan efektivitas proses pirolisis dalam menghasilkan bahan bakar atau bahan kimia yang bernilai tinggi. Densitas (massa jenis) adalah salah satu sifat fisik utama dari bio-oil yang berpengaruh pada karakteristik penyimpanan, transportasi, dan penggunaan bio-oil sebagai bahan bakar atau bahan baku industri. Densitas bio-oil memberikan informasi tentang seberapa padat bahan tersebut dan bagaimana volumenya berubah seiring dengan perubahan massa. Dalam proses pirolisis, densitas bio-oil yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi, terutama suhu pirolisis, dan komposisi biomassa yang digunakan. Densitas bio-oil yang optimal penting untuk memastikan bahwa bio-oil dapat digunakan dengan efisien dalam aplikasi-aplikasi seperti pembakaran dalam mesin atau sebagai bahan baku dalam proses kimia. Densitas yang terlalu rendah dapat mengindikasikan adanya kandungan air yang tinggi atau kurangnya senyawa berat yang memiliki nilai energi tinggi. Sebaliknya, densitas yang terlalu tinggi dapat mengindikasikan keberadaan senyawa kompleks dan berat, yang mungkin meningkatkan viskositas dan menyulitkan pengolahan lebih lanjut. Viskositas adalah salah satu sifat fisik yang penting dari bio-oil, yang menggambarkan kekentalan atau resistensi aliran cairan tersebut. Dalam konteks pirolisis, viskositas bio-oil merupakan parameter yang sangat relevan karena berpengaruh langsung terhadap kemudahan penanganan, penyimpanan, dan penggunaannya sebagai bahan bakar atau bahan baku kimia.

Dengan adanya permasalahan ini objek masalah yang akan diambil untuk penelitian kali ini adalah menganalisis hasil produk pirolisis menggunakan biomassa sekam padi.



Hak Cipta :

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

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas bahwa rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu 500°C dan 600°C pada proses *pirolisis* terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dari sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap densitas produk *bio-oil*?
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap viskositas produk *bio-oil*?

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu 500°C dan 600°C pada proses *pirolisis* terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dari sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap densitas produk *bio-oil*?
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap viskositas produk *bio-oil*?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh variasi suhu 500°C dan 600°C pada proses *pirolisis* terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dari sekam padi.
2. Menganalisa pengaruh variasi suhu terhadap densitas produk *bio-oil*.
3. Menganalisa pengaruh variasi suhu terhadap viskositas produk *bio-oil*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah beberapa manfaat penelitian untuk mahasiswa, kampus :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Penelitian ini dapat meningkatkan kompetensi dalam dunia Energi Terbarukan, khususnya kemampuan menganalisis biomassa dikonversie menjadi *bio-oil* dengan menggunakan sistem *pirolisis*.
 - b. Penelitian ini memberikan kesempatan untuk memperluas pengetahuan dan keterampilan Teknik dalam sistem *pirolisis*.
2. Bagi Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

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

- a. Penelitian ini dapat menjadi referensi pembelajaran mengenai sistem pirolisis.
- b. Sebagai bahan evaluasi terhadap kurikulum yang diterapkan dalam mata kuliah Politeknik Negeri Jakarta program studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi.

6 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk memudahkan dalam memahami proposal skripsi ini, berikut sistematika yang digunakan oleh penulis.

BAB I PENDAHULUAN

Memperkenalkan pengertian sekam padi, biomassa, pirolisis, dan *yield bio-oil* untuk mendapatkan latar belakang pemilihan topik berupa proses pirolisis menggunakan sekam padi sebagai sumber energi terbarukan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi suhu 500°C dan 600°C pada proses pirolisis terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dari sekam padi, juga terhadap densitas dan viskositas. Batasan masalah yang diambil adalah parameter karakteristik sampel yang diteliti untuk dianalisis yaitu densitas dan viskositas *bio-oil* dan tidak membahas uji kalor serta perhitungan perpindahan kalor pada sistem pirolisis. Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu meningkatkan kompetensi dalam dunia energi terbarukan khususnya kemampuan menganalisis biomassa dikonversi menjadi *bio-oil* dengan menggunakan sistem pirolisis, serta dapat sebagai penunjang pembelajaran dan pengembangan penelitian selanjutnya yang sekaligus mencakup mengenai sistematika penulisan keseluruhan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan rangkuman kritis dari sumber pustaka yang berasal dari jurnal nasional maupun internasional, text book, manual book, dan internet. Selain itu, pada bab ini juga menjelaskan beberapa rumus yang akan digunakan untuk kemudian dianalisis pada bagian pembahasan.



Hak Cipta :

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

BAB III METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan peneliti untuk menyelesaikan masalah penelitian adalah metode kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen dan komparatif berdasarkan pengaruh variabel tertentu dalam kondisi tertentu, dengan menghubungkannya pada variabel bebas, baik dengan perlakuan yang seragam maupun berbeda serta didukung oleh studi literatur.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menjelaskan proses pengumpulan data yang didapat saat penelitian dilaksanakan, proses perhitungan dengan persamaan-persamaan yang telah ditentukan, serta grafik perbandingan tiap variabel yang berupa variasi suhu. Sedangkan, pada pembahasan menjelaskan analisis berupa pengaruh variasi suhu pada proses pirolisis terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dari sekam padi, pengaruh variasi suhu terhadap densitas produk *bio-oil*, dan pengaruh variasi suhu terhadap viskositas produk *bio-oil*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi inti penelitian dan gambaran garis besar hasil penelitian. Kemudian, saran ditujukan untuk meningkatkan dan mengembangkan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan yaitu :

1. Pada suhu 500°C, yield bio-oil secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 600°C untuk semua berat biomassa yang diuji. Rata-rata yield bio-oil pada suhu 500°C mencapai 34,7% untuk 500 gram, 33,5% untuk 1000 gram, dan 32,7% untuk 1500 gram. Pada suhu 600°C, yield bio-oil menurun menjadi 31,3% untuk 500 gram, 32,3% untuk 1000 gram, dan 30,9% untuk 1500 gram. Penurunan yield ini menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi mengurangi efisiensi produksi bio-oil, karena reaksi sekunder seperti cracking termal lebih dominan, yang mengurangi yield bio-oil karena lebih banyak senyawa yang menguap dan terurai menjadi gas.
2. Densitas menunjukkan bahwa parameter ini dipengaruhi oleh suhu perlakuan. Densitas bio-oil cenderung menurun dengan peningkatan suhu pirolisis. Rata-rata densitas bio-oil pada suhu 500°C adalah 1,389 g/ml, sedangkan pada suhu 600°C menurun menjadi 1,334 g/ml. Penurunan densitas ini mengindikasikan bahwa bio-oil yang dihasilkan pada suhu yang lebih tinggi memiliki komponen yang lebih ringan.
3. Viskositas *bio-oil* juga menurun dengan peningkatan suhu, dari rata-rata 1,310 cP pada suhu 500°C menjadi 1,229 cP pada suhu 600°C. Penurunan viskositas ini menunjukkan bahwa bio-oil menjadi lebih encer pada suhu yang lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi karakteristik bio-oil.

Hak Cipta :

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



5.2 Saran

Berikut saran untuk pengembangan sistem yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan :
 - Pengujian titik nyala pada bio-oil untuk mengetahui titik suhu terendah hingga bisa terbakar
 - Pengujian GCMS pada bio-oil untuk mengetahui kandungan senyawa pada hasil produk.
 - Pengujian Nilai Kalor pada *bio-oil* dan *biochar*
2. Lakukan penelitian pada rentang suhu 400°C hingga 700°C untuk menentukan suhu optimal.
3. Tingkatkan efisiensi sistem kondensasi untuk meningkatkan yield bio-oil.

Hak Cipta :

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

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. A., Jamilatun, S., & Pitoyo, J. (2022). Pirolisis Biomassa: Review. *Agroindustrial Technology Journal*, 6(1), 89.
<https://doi.org/10.21111/atj.v6i1.7559>
- Costa, P. A., Barreiros, M. A., Mouquinho, A. I., Silva, P. O. e., Paradela, F., & Oliveira, F. A. C. (2022). Slow pyrolysis of cork granules under nitrogen atmosphere: by-products characterization and their potential valorization. *Biofuel Research Journal*, 9(1), 1562–1572.
<https://doi.org/10.18331/BRJ2022.9.1.3>
- Czajczyńska, D., Nannou, T., Anguilano, L., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., Spencer, N., & Jouhara, H. (2017). Potentials of pyrolysis processes in the waste management sector. *Energy Procedia*, 123, 387–394.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.275>
- Damanik, J. R. (2021). *Pemfaatan Biomassa Ampas Kelapa dan Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan*.
<https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/15923>
- Direktorat Jenderal EBTKE. (2023). Potensi Biomassa Menjanjikan, Indonesia Prediksi Hasilkan Listrik Setara 56,97 GW. *Siaran Pers*, 7–10.
<https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/10/06/3619/potensi.biomassa.menjanjikan.indonesia.prediksi.hasilkan.listrik.setara.5697.gw#:~:text=%22Indonesia mempunyai potensi bioenergi sumber,Menteri Energi dan Sumber Daya>
- Dewi, Rany Puspita. "Kajian potensi sekam padi sebagai energi alternatif pendukung ketahanan energi di wilayah magelang." *SEMASTER" Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan"*. Vol. 1. No. 1. 2020.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Susandy, A., Yazid Bindar, S., Irawan, A., Sanjaya, A. S., & Bindar, Y. (2019). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bio-Char, Bio-Oil Dan Gas Dengan Metode Pirolisis Utilization of Empty Fruit Bunches Waste Into Bio-Char, Bio-Oil and Gases With Pyrolysis Method. *Jurnal Chemurgy*, 03(2), 12–17.
- Garg, R., Anand, N., & Kumar, D. (2016). Pyrolysis of babool seeds (Acacia

Hak Cipta :

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





Hak Cipta :

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

- nilotica) in a fixed bed reactor and bio-oil characterization. *Renewable Energy*, 96, 167–171. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.059>
- Iqbal. (2022). ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS ENERGI TERBARUKAN (ANGIN DAN MATAHARI) PADA SISTEM KELISTRIKAN ISOLATED 20 kV SELAYAR. 8.5.2017, γ787, 2003–2005. www.aging-us.com
- Jamilatun, S., Budiman, A., Mufandi, I., Aktawan, A., Fauzi, N., & Denanti, D. P. (2022). The Effects of Particle Mesh and Temperature on Pyrolysis Spirulina platensis Residue (SPR): Pyrolysis Yield and Bio-Oil Properties. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 22(1), 141–155. <https://doi.org/10.22146/ajche.69439>
- Jurnal, Redaksi Tim. "POTENSI PEMANFAATAN BIOMASSA SEKAM PADI UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK MELALUI TEKNOLOGI GASIFIKASI: Isworo Pujotomo." *Energi & Kelistrikan* 9.2 (2017): 126-135. "Kajian Awal Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi Di Provinsi Sulawesi Selatan." Madadi, & Abbas. (2017). Lignin Degradation by Fungal Pretreatment: A Review. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 08(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000398>
- Mamun, M. A. A., & Hasanuzzaman, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Dan Sekam Padi Dalam Pembuatan Biobriket Dengan Perekat Tapioka Sebagai Bahan Alternatif Biomassa. *Energy for Sustainable Development: Demand, Supply, Conversion and Management*, 1–14.
- Munarwan, E. (2019). Karakteristik Bio-Oil Hasil Pirolisis Limbah Brem Dengan Variasi Temperatur. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 7(1), 23–28. <https://doi.org/10.32487/jtt.v7i1.552>
- Novita, S. A., Fudholi, A., & Doktoral. (2021). Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4 (1)(1), 53–67.
- Ohliger, M., Nesme, V., & Eisert, J. (2013). Efficient and feasible state tomography of quantum many-body systems. *New Journal of Physics*, 15, 0–19. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/15/1/015024>



Hak Cipta :

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

- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), 69–78. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i1.924>
- Ridhuan, K., Khusaini, F., & Ridwan, R. (2022). Optimasi kinerja reaktor pirolisis biomassa dengan penambahan pipa udara. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(1), 159–168. <https://doi.org/10.24127/trb.v11i1.2121>
- Sukiran, M. A., Bakar, N. K. A., & Chin, C. M. (2009). Optimization of pyrolysis of oil palm empty fruit bunches. *Journal of Oil Palm Research*, 21(DECEMBER), 653–658.
- Tsai, W. T., Lin, Y. Q., & Huang, H. J. (2021). Valorization of rice husk for the production of porous biochar materials. *Fermentation*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation7020070>
- Udjianto, T., Sasono, T., & Manunggal, B. P. (2021). POTENSI SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PLTBm DI SUMATERA BARAT. *Jurnal Teknik Energi*, 11(1), 11–18. <https://doi.org/10.35313/energi.v11i1.3499>
- Wardhany, L. K., & Setyono, R. imam. (2018). Bahan Bakar Alternatif dari limbah plastik polypropylene menggunakan metode pirolisis microwave. *Skripsi*.
- Wulandari Putri, R., Nurisman, E., & Rahmatullah. (2019). Produksi bio-oil dari limbah kulit durian dengan proses pirolisis lambat. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(2), 50–53.
- YULIANTO, A. D. (2020). Perencanaan Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan Untuk Lahan Perkebunan: Studi Kasus Di Kecamatan Bupon Kabupaten Luwu. *Tesis Teknik Elektro ...*, July, 1–23.
- Zhang, W. (2017). PubChem BioAssay: 2017 update. *Nucleic Acids Research*, 45(D1), D955–D963. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1118>
- Zhao, Z., Dua, D., & Singh, S. (2018). Generating natural adversarial examples. *6th International Conference on Learning Representations, ICLR 2018 - Conference Track Proceedings, 2016*, 1–15.

Zulkania, A. (2016). Pengaruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu / Baggase. *Teknoin*, 22(5), 328–336. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss5.art2>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

1. Nama Lengkap : Fadillah Ramadhan
2. NIM : 2002321001
3. Tempat, Tanggal Lahir : Depok, 19 November 2002
4. Jenis Kelamin : Laki – Laki
5. Alamat : Jl. Belimbing 1 Rt 01/Rw 01 No.50
Kecamatan Pancoran Mas, Kota Depok,
Jawa Barat, 16431
6. Jurusan : Teknik Mesin
7. Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
8. Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Jakarta
7. Pendidikan
 - a. SD (2008-2014) : SDN Pancoran Mas 2
 - b. SMP (2014-2017) : SMPN 01 Depok
 - c. SMA (2017-2020) : SMAIT PESANTREN NURURRAHMAN
DEPOK
8. Email : fadillahramadhan222@gmail.com
fadillah.ramadhan.tm20@mhs.w.pnj.ac.id



Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan penelitian



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



JAKARTA





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Bahasa Pemrograman Arduino UNO

```

1 #include "max6675.h" // Mengimpor library Max6675 untuk membaca data dari termokopel
2 //variabel thermocouple
3 float waktu_cuplik = 0.0; // Variabel untuk menyimpan waktu dalam detik
4 unsigned long currentMillis; // Variabel untuk menyimpan waktu saat ini dalam milidetik (ms)
5
6 // Konfigurasi pin untuk Termokopel 1
7 int ktcS01 = 4; // Pin SO (Serial Output) dari termokopel 1
8 int ktcCS1 = 5; // Pin CS (Chip Select) dari termokopel 1
9 int ktcSCK1 = 6; // Pin SCK (Serial Clock) dari termokopel 1
10 MAX6675 ktc1(ktcSCK1, ktcCS1, ktcS01); // Membuat objek Max6675 untuk termokopel 1 dengan konfigurasi pin yang telah ditentukan
11 /*
12 int ktcS02 = 8; // Pin SO (Serial Output) dari termokopel 1
13 int ktcCS2 = 9; // Pin CS (Chip Select) dari termokopel 1
14 int ktcSCK2 = 10; // Pin SCK (Serial Clock) dari termokopel 1
15 MAX6675 ktc2(ktcSCK2, ktcCS2, ktcS02); // Membuat objek Max6675 untuk termokopel 1 dengan konfigurasi pin yang telah ditentukan
16 */
17
18 void setup() {
19   Serial.begin(9600); // Memulai komunikasi serial dengan baud rate 9600
20   // Serial.println("CLEARDATA"); // Mengirim perintah ke software PLXDAQ untuk menghapus data sebelumnya
21   Serial.println("LABEL, WAKTU,Detik, Temperatur(oc)"); // Menampilkan label kolom pada software PLXDAQ
22 }
23
24 void loop() {
25   currentMillis = millis(); // Mengambil waktu (dalam milidetik) sejak Arduino dihidupkan
26   waktu_cuplik = currentMillis / 1000; // Menghitung waktu dalam detik
27
28   // Membaca data temperatur dari termokopel 1 dalam satuan Celcius menggunakan objek ktc1
29   float temperature = ktc1.readCelsius(); // Mendapatkan nilai temperatur dari termokopel 1 dan menyimpannya dalam variabel temperature
30   // float temperature2 = ktc2.readCelsius();

```

```

// data pressure
inputP1 = analogRead(A0); // Membaca nilai analog dari sensor tekanan dan menyimpannya dalam variabel inputP1
inputP2 = analogRead(A1); // Membaca nilai analog dari sensor tekanan dan menyimpannya dalam variabel inputP2

// Mengirim data ke software pemantau serial dalam format "DATA,TIME,waktu_cuplik,temperature"
Serial.println((String) "DATA,TIME," + waktu_cuplik + "," );
delay(1000); // Delay selama 1 detik sebelum membaca temperatur kembali

```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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



Lampiran 4 Temperatur Operasi Reaktor pirolisis yang terbaca di plx-daq

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	WAKTU	Detik	Tempera tur(oC)																		
2	14.53.51	126,00	42																		
3	14.53.52	127,00	40,75																		
4	14.53.54	128,00	40,5																		
5	14.53.54	129,00	40,75																		
6	14.53.55	130,00	40,75																		
7	14.53.56	131,00	41,5																		
8	14.53.57	132,00	42,25																		
9	14.53.58	133,00	42,75																		
10	14.53.59	134,00	43																		
11	14.54.00	135,00	42,25																		
12	14.54.01	136,00	41,75																		
13	14.54.02	137,00	42																		
14	14.54.03	138,00	43,25																		
15	14.54.04	139,00	43,5																		
16	14.54.05	140,00	42,5																		
17	14.54.06	141,00	43																		
18	14.54.07	142,00	43,5																		
19	14.54.08	143,00	43,5																		
20	14.54.09	144,00	43,75																		
21	14.54.10	145,00	44,5																		
22	14.54.11	146,00	44																		
23	14.54.12	147,00	45																		

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

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