

Pengaruh Tingkat Kekerasan Biomassa Terhadap Kualitas Bio-Oil (TAR)

Nurhalim^{1*}, Asroful Abidin², Muhammad Zainul Ridho³, Nely Ana Mufarida⁴,
Nanang Saiful Rizal⁵, Hamdan Katsiro⁶.

^{1,2,3,4,5}Jurusan Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49 Kec. Sumbersari, Kab. Jember, Indonesia

⁶Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49 Kec. Sumbersari, Kab. Jember, Indonesia

*Corresponding author: nurhalim@unmuhjember.ac.id

Abstract

The world globally has a problem with the use of fossil energy. This problem has a significant impact on the lives of living things. The impacts of fossil energy use include energy crisis, global warming, climate change. To overcome this problem, it is necessary to take the right steps, namely renewable energy. Renewable energy has great potential as a substitute for fossil energy. The renewable energy source that has not been touched is biomass. The products of biomass conversion into energy are generally charcoal and bio-oil. In this study, an experiment was conducted to make bio-oil from coconut shells, fibers and leaves. The aim of this research is to determine the effect of the level of biomass hardness on the quality of bio-oil. However, the study emphasized the influence of the hardness level and proximate test of biomass on the quality of bio-oil. Bio-oil from the pyrolysis process at a temperature of 500 °C for 3 hours was analyzed including charcoal yield, density, viscosity, volume and calorific value of bio-oil. Coconut shells have the highest hardness value of 62.5 HD before pyrolysis. From the results of the proximate test, coconut shells have a water content value (11.56%), Volatile (63.77%), Ash (0.96%) and bound carbon (23.69%). Based on the description of the results and discussion, it turns out that the level of hardness and content of substances in biomass have an effect on the characteristics of the bio-oil produced.

Keywords: Biomass, Hardness, Pyrolysis, Bio-Oil.

Abstrak

Dunia secara global memiliki masalah tentang penggunaan energi fosil. Masalah tersebut, memiliki dampak yang cukup besar bagi kehidupan makhluk hidup. Dampak penggunaan energi fosil antara lain krisis energi, pemanasan global, perubahan iklim. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu adanya langkah yang tepat yaitu energi terbarukan. Energi terbarukan memiliki potensi yang besar sebagai pengganti energi fosil. Sumber energi terbarukan yang masih belum tersentuh adalah biomassa. Produk konversi biomassa menjadi energi secara umum adalah arang dan bio-oil. Tujuan pada penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh tingkat kekerasan biomassa terhadap kualitas bio-oil. Pada penelitian ini, melakukan eksperimen pembuatan bio-oil dari cangkang, serabut dan daun kelapa. Tetapi, penelitian menekankan pengaruh pada tingkat kekerasan dan uji proksimat biomassa terhadap kualitas bio-oil. Bio-oil hasil proses pirolisis pada suhu 500 °C selama 3 jam dianalisis antara lain rendemen arang, densitas, viskositas, volume dan nilai kalori bio-oil. Cangkang kelapa memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 62.5 HD sebelum pirolisis. Dari hasil uji proksimat, cangkang kelapa memiliki nilai kadar air (11,56%), Volatil (63,77 %), Abu (0,96 %) dan karbon terikat (23,69%). Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan, ternyata tingkat kekerasan dan kandungan zat pada biomassa memiliki pengaruh terhadap karakteristik bio-oil yang dihasilkan.

Kata kunci: Biomassa, Tingkat Kekerasan, Pirolisis, Bio-Oil.

1. Pendahuluan

Permasalahan global yang paling mendasar adalah keterbatasan energi konvensional. Keterbatasan energi, merupakan faktor dimana bahan bakar fosil akan mengalami kepunahan. Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam

jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi [1]. Energi merupakan faktor penting, dalam menunjang mobilitas masyarakat secara umum. Dependensi masyarakat terhadap energi konvensional sangat tinggi, hal ini yang berdampak pada berbagai masalah yang kompleks. Timbulnya masalah akibat penggunaan energi konvensional seperti krisis energi,

perubahan cuaca ekstrim, bencana alam. Hal ini, perlu adanya solusi yang tepat yaitu *renewable energy*. Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam, emisi rendah dan dapat diperbarui. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan [2]. Masih ada sumber energi terbarukan yang dari alam seperti biomassa. Biomassa merupakan material alami yang bersumber dari makhluk hidup atau yang telah mati. Biomassa, istilah ini dalam industri penghasil energi akan merujuk pada sumber bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industri [3]. Potensi biomassa sangat besar sebagai energi terbarukan. Teknologi konversi biomassa menjadi energi antara lain hidrothermal, gasifikasi dan prolisis. Sebagai contoh, konversi biomassa menjadi energi dengan metode pirolisis menghasilkan produk *bio-oil* dan arang. *Bio-oil* merupakan cairan destilat hasil proses pirolisis yang berwarna cokelat dengan kadar air yang cukup besar sekitar 20-30%. *Bio-oil* yang dihasilkan mempunyai kadar air 20 (% berat), sehingga memiliki sifat hydrophilic dan immiscible [4]. Biomassa memiliki karakteristik seperti lunak dan keras. Tingkat kelunakan dan kekerasan biomassa, tergantung pada susunan serat, densitas dan kandungan zatnya. Tingkat kekerasan biomassa, jika dilihat dari sudut kandungan zat berupa kadar air, volatile matter, kadar abu, karbon dan nilai kalori. Pada umumnya, biomassa yang mengandung *volatile matter* yang rendah dan sulit untuk terbakar, tetapi memiliki nilai kalori dan karbon yang tinggi. Kandungan *volatile matter* pada biomassa yang tinggi, memiliki sifat mudah terbakar dan memiliki asap yang tinggi. Kandungan *volatile matter* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, meningkatkan produksi asap, serta menurunkan efisiensi energi yang dihasilkan [5]. Biomassa yang melalui proses pirolisis, akan menghasilkan *bio-oil* dari proses kondensasi asap pembakaran.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat kualitas *bio-oil* dari sudut pandang tingkat kekerasan biomassa. Bagaimana Tingkat kekerasan biomassa, berpengaruh

terhadap volume, densitas, viskositas dan nilai kalori *bio-oil*.

2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini, menggunakan metode eksperimen, yang menekankan pada aspek tingkat kekerasan biomassa terhadap karakteristik *bio-oil*.

A. Bahan

Terkait bahan atau sampel penelitian yang digunakan adalah cangkang, serabut dan daun kelapa.

B. Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan adalah proses pirolisis. Pada proses pirolisis, menggunakan suhu pembakaran 500 °C selama 3 jam.

C. Variabel Terikat

Untuk parameter variabel terikat pada penelitian ini adalah uji kekerasan, proksimate, densitas, viskositas dan nilai kalori *bio-oil*.

D. Variabel Bebas

Pada variabel bebas yang digunakan yaitu biomassa cangkang kelapa (500 gr), serabut kelapa (470 gr) dan daun kelapa kering (400 gr).

E. Prosedur Penelitian

Tahap 1, Sebelum proses pirolisis, sampel dilakukan uji kekerasan biomassa menggunakan Shore Duro D.

Tahap 2, Selanjutnya dilakukan uji proksimate terhadap 3 sampel tersebut antara lain nilai kadar air, abu, *volatile matter* dan karbon.

Tahap 3, Merupakan proses pirolisis biomassa cangkang, serabut dan daun kelapa. Proses pirolisis menggunakan suhu 500 °C selama 3 jam.

Tahap 4, Hasil luaran pirolisis biomassa berupa *bio-oil*. Pada tahapan ini, dilakukan proses pengambilan data berupa volume, densitas, viskositas dan nilai kalori *bio-oil*. Berdasarkan data uji sampel *bio-oil*, maka dilakukan analisis hubungan variabel penelitian terhadap berbagai pengaruh kualitas *bio-oil*.

2.1 Pirolisis

Konversi biomassa yang paling banyak digunakan adalah metode pirolisis. Pirolisis merupakan metode pembakaran tertutup yang kecil oksigen dan menghasilkan luaran antara lain arang dan tar. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat dengan oksigen terbatas, sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras [5].

2.2 Rendemen

Biomassa yang dipirolisis akan mengalami penurunan berat massa, hal ini akibat kandungan air dan zat yang mudah menguap terurai. Rendemen merupakan rasio berat biomassa sebelum dan sesudah perlakuan. Adapun Pers. 1, rendemen disajikan sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Akhir Sampel}}{\text{Berat Awal Sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

Berat Awal Sampel (kg)

Berat Akhir Sampel (kg)

2.3 Densitas (Massa Jenis)

Merupakan pengukuran massa jenis suatu zat, dalam setiap satuan volume zat (benda). Densitas atau massa jenis atau rapatan merupakan pengukuran massa setiap satuan volume dengan satuan standar pengukuran tertentu [6]. Massa jenis setiap zat memiliki perbedaan, nilai massa jenis semakin tinggi, maka massa pada volume suatu zat akan semakin tinggi. Adapun Pers. 2, densitas atau massa jenis suatu zat, sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Dimana:

ρ (massa jenis zat) kg/cm^3

m (massa/berat) kg

V (volume) cm^3

2.4 Viskositas

Viskositas atau kekentalan suatu zat untuk mengalir karena adanya gaya gesekan pada molekul penyusunnya. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan dengan hambatan untuk mengalir [7].

Adapun Pers. 3, viskositas suatu zat sebagai berikut:

$$\text{Viskositas} = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (3)$$

Dimana:

ρ_1 (nilai densitas air) kg/cm^3

ρ_2 (nilai densitas *bio-oil*) kg/cm^3

t_1 (waktu kecepatan luncur air) detik

t_2 (waktu kecepatan luncur *bio-oil*) detik

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam mendapatkan karakteristik *bio-oil* (asap Cair) pirolisis biomassa, penelitian ini menggunakan beberapa analisis. Analisis itu, sebagai parameter saling keterkaitan antara kekerasan biomassa terhadap *bio-oil* yang dihasilkan. Adapun pada Gambar 1, data, hasil dan analisis dalam penelitian ini, sebagai berikut.



Gambar 1. *Bio-Oil* Biomassa

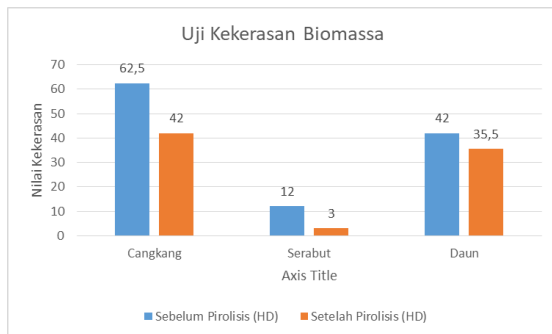
3.1 Uji Kekerasan

Tabel 1. Uji Kekerasan Biomassa

No.	Material	Uji Kekerasan Biomassa	
		Sebelum Pirolisis	Sesudah Pirolisis
1	Cangkang	62,5 HD	42 HD
2	Serabut	12 HD	3 HD
3	Daun	42 HD	35,5 HD

Biomassa memiliki tingkat kekerasan yang berbeda setiap jenis, bentuk dan karakteristik susunan seratnya. Kekerasan pada biomassa juga menjadi faktor terhadap karakteristi *bio-oil* yang dihasilkan. Pada pengujian kekerasan

biomassa, dilakukan sebelum dan sesudah pirolisis. Adapun analisis uji kekerasan biomassa yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Grafik 1.



Grafik 1. Uji Kekerasan Biomassa

Disajikan pada tabel dan grafik di atas, nilai kekerasan biomassa sebelum dan sesudah dipirolisis. cangkang kelapa mengalami penurunan kekerasan 20, 5 HD. Penyebab penurunan kekerasan pada cangkang kelapa lebih besar, karena kadar *volatile matter* banyak yang menguap pada saat suhu pirolisis tinggi. Akan tetapi pada daun kelapa, penguapan kadar air yang mendominasi, pada saat pirolisis. Pada suhu pembakaran, semakin tinggi suhu maka kadar air yang ada semakin sedikit, karena sebagian besar kadar air tersebut akan teruapkan ke udara [8]. Hal ini, yang menyebabkan, penurunan kekerasan biomassa daun kelapa sangat kecil. Pada serabut kelapa, juga memiliki penurunan kekerasan sangat tinggi, hal ini bisa dilihat dari nilai kadar air.

3.2 Uji Proksimat Biomassa

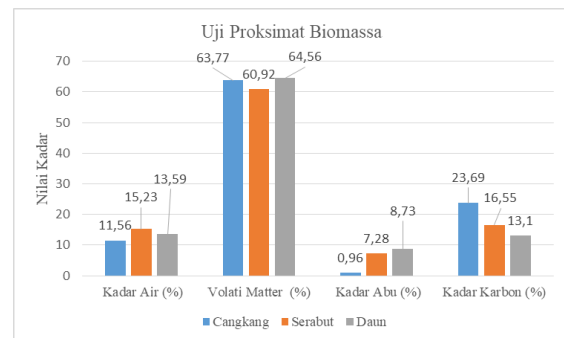
Kekerasan biomassa juga memiliki pengaruh terhadap kandungan zat yang terkandung. Sebelum proses pirolisis, biomassa cangkang, serabut dan daun kelapa dilakukan analisis proksimat. Analisis proksimat dapat menentukan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan. Berikut ini, pada Tabel 2 dan Grafik 2 merupakan hasil analisis proksimat sebelum dilakukan proses pirolisis.

Pada tabel 2 dan grafik pada gambar 2, hasil uji proksimat untuk mengetahui kandungan zat pada cangkang, serabut dan

daun kelapa. Uji proksimat biomassa merupakan faktor penting dalam mengidentifikasi zat yang terkandung dalam biomassa seperti kadar air, abu, volatil, karbon dan nilai kalori. Analisis proksimat merupakan metode penting untuk mengkarakterisasi biofuel, karena memberikan informasi terperinci tentang kadar air, zat volatil, abu, dan karbon tetap [9].

Tabel 2. Uji Proksimat Biomassa

No	Material	Kadar			
		Air	Volatil	Abu	Karbon
1	Cangkang	11,56%	63,77%	0,96%	23,69%
2	Searbut	15,23%	60,92%	7,28%	16,55%
3	Daun	13,59%	64,56%	8,73%	13,10%



Grafik 2. Uji Proksimat Biomassa

Tujuan dilakukan uji proksimat adalah untuk mengetahui hubungan karakteristik *bio-oil* yang dihasilkan. Bio-oil (TAR) yang dihasilkan dari pirolisis biomassa, memiliki ketergantungan pada kadar air, volatil dan kadar abu. Pada saat pirolisis, juga terdapat zat yang tidak dapat terkondensasi seperti CO, CO₂ dan CH₄. Gas dari pirolisis dapat dibedakan menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi (CO, CO₂, CH₄, dll) dan gas yang dapat dikondensasi (tar) [10].

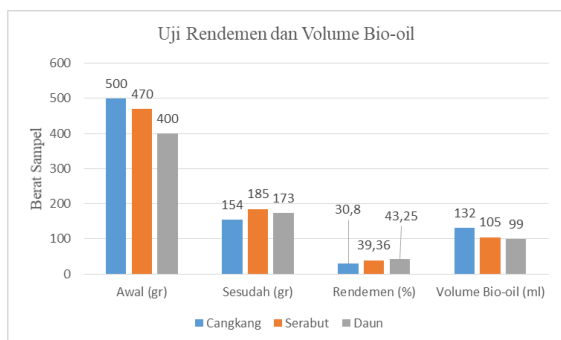
3.3 Rendemen Biomassa dan Volume Bio-Oil

Kekerasan biomassa, juga berpengaruh terhadap rendemen seperti kondisi basa, kering dan berbagai proses termokimia dll. Pada tahapan ini, uji rendemen sangat penting dalam

memberikan informasi terkait penurunan massa sebelum, sesudah pirolisis dan volume *bio-oil*. Pada Tabel 3 dan Grafik 3, merupakan hasil analisis rendemen dan *bio-oil* dari masing-masing sampel berdasarkan beratnya.

Tabel 3. Uji Rendemen dan Volume *Bio-Oil*

No	Material	Awal	Sesudah	Rendemen	Bio-Oil
1	Cangkang	500 gr	154 gr	30,8 %	132 ml
2	Searbut	470 gr	185 gr	39,36 %	109 ml
3	Daun	400 gr	173gr	43,25 %	99 ml



Gambar 3. Uji Rendemen dan Volume *Bio-oil*

Berdasarkan data tabel dan grafik di atas, rendemen dari berat awal yang berbeda, terjadi penurunan berat biomassa. Serabut dan cangkang kelapa memiliki rendemen yang tinggi, menandakan bahwa banyak zat yang terserap pada biomassa tersebut. Nilai rendemen yang tinggi, menandakan banyaknya zat yang terserap atau menguap pada saat proses pirolisis. Dari hasil analisis kadar air dan volatil pada serabut dan daun kelapa, banyak yang menguap pada saat pirolisis. Semakin tinggi suhu pirolisis, maka banyak zat yang menguap. Peningkatan suhu menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi cenderung mengubah lebih banyak biomassa menjadi gas [11]. Akan tetapi, tingkat kekerasan juga berpengaruh pada setiap material biomassa.

Pada cangkang kelapa memiliki rendemen yang rendah, sekitar 30,8 %. Hal ini, kadar air pada cangkang kelapa sangat

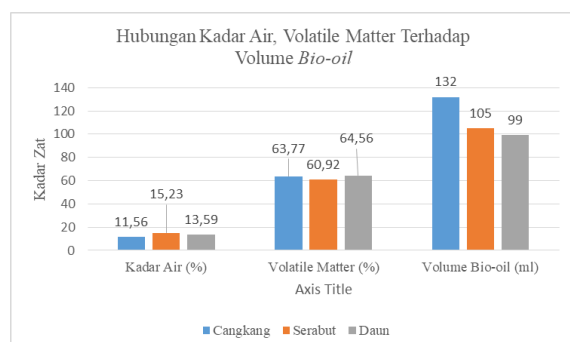
kecil, sehingga penurunan massa sangat kecil pada saat pirolisis. Pada cangkang kelapa, juga memiliki nilai kekerasan yang tinggi sebesar 62,5 HD, dibanding serabut dan daun. Penyebab rendemen pada cangkang kelapa sangat kecil, semakin keras atau ulet material biomassa, maka kandungan zat yang mudah menguap yang terserap sangat kecil. Kekerasan kayu mempengaruhi proses dekomposisi dan konsentrasi hidrogen yang dihasilkan [12].

3.4 Pengaruh Kadar Air dan Volatil Terhadap *Bio-Oil*

Nilai kekerasan biomassa yang dilihat dari kadar zat yang terkandung juga menjadi peran penting terhadap *bio-oil* yang dihasilkan. Berdasarkan data pada Tabel 4 dan Grafik 4, di bawah ini. *Bio-oil* yang dihasilkan biomassa memiliki perbedaan sangat kecil. Meskipun ada perbedaan berat biomassa pada saat pirolisis, ternyata efek zat yang terkandung pada biomassa, juga menjadi faktor penentu volume *bio-oil* yang dihasilkan.

Tabel 4. Pengaruh Kadar Air dan Volatil

No	Material	Kadar Air	Volatil	Bio-oil
1	Cangkang	11,56 %	63,77 %	132 ml
2	Searbut	15,23 %	60,92 %	109 ml
3	Daun	13,58 %	64,56 %	99 ml



Grafik 4. Hubungan Kadar Air dan Volatil

Berdasarkan data di tabel dan grafik di atas, tingkat kekerasan biomassa juga

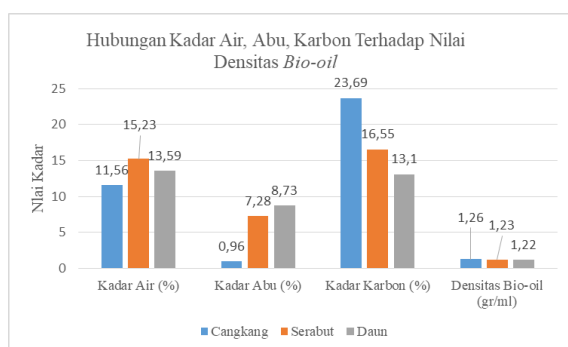
memiliki pengaruh terhadap volume *bio-oil* yang dihasilkan. Dilihat dari jumlah *bio-oil*, hubungan antara kadar air dan volatil sangat berpengaruh dan memiliki peran penting juga. Tetapi nilai *bio-oil* serabut dan daun kelapa cukup kecil, hal ini diakibatkan banyaknya kandungan air yang menguap pada saat suhu pirolisis 150 °C – 200 °C. Untuk nilai *bio-oil* cangkang kelapa lebih tinggi, pengaruh kadar air lebih kecil saat suhu pirolisis rendah.

3.5 Pengaruh Kadar Air, Abu dan Karbon Terikat Terhadap Densitas *Bio-Oil*

Kekerasan biomassa yang dilihat dari kandungan zat terkandung juga memiliki pengaruh terhadap nilai densitas *bio-oil* yang dihasilkan. Pada uji densitas *bio-oil*, menggunakan alat piknometer dengan ukuran tabung 10 ml. Dari hasil uji densitas ketiga sampel, disajikan pada Tabel 5 dan Grafik 5. berikut.

Tabel 4. Pengaruh Kadar Air, Abu dan Karbon

No	Material	Kadar Air	Kadar Abu	Kadar Karbon	Nilai Densitas
1	Cangkang	11,56%	0,96 %	23,69%	1,26 (gr/ml)
2	Searbut	15,23%	7,28 %	16,55%	1,23 (gr/ml)
3	Daun	13,59%	8,73 %	13,10%	1,22 (gr/ml)



Grafik 5. Hubungan Kadar Air, Abu dan Karbon

Pada analisis densitas, cangkang kelapa memiliki nilai *bio-oil* lebih rendah 1,26 gr/ml. Tetapi pengaruh terbesar adalah

kadar abu terhadap nilai densitas. Kadar abu cangkang kelapa 0,96%, hal ini yang menyebabkan nilai densitas *bio-oil* cangkang kelapa sangat kecil. Jadi, pada saat pembakaran biomassa, maka terdapat abu dalam bentuk *bottom ash* dan *flying ash*. *Flying ash* ini, merupakan abu yang terbang pada saat pembakaran. Kadar abu kecil, ketika proses pirolisis, *flying ash* pada cangkang kelapa sedikit yang ikut keluar bersama asap pembakaran.

Sebagai pembandingan, nilai densitas *bio-oil* pada daun kelapa lebih besar 1,22 gr/ml. Ternyata nilai kadar abu yang tinggi, sangat mempengaruhi densitas *bio-oil* (TAR). Nilai kadar abu yang tinggi, pada saat pirolisis, *flying ash* pada daun kelapa ikut bersama asap. *Flying ash* yang mempengaruhi tingkat densitas pada *bio-oil* daun kelapa lebih besar.

Pada serabut dan daun kelapa, nilai densitas *bio-oil* besar. Kandungan kadar airnya tinggi, hal ini yang menyebabkan nilai densitas *bio-oil* lebih besar. Ternyata dilihat dari hasil uji proksimat dari ketiga sampel tersebut, kadar abu juga menjadi penentu nilai densitas *bio-oil*. Sifat kekerasan pada serabut dan daun kelapa rendah, maka kandungan karbon terbakar habis, semakin besar kadar karbon terbakar, maka menghasilkan abu yang tinggi. Pada saat pembakaran, karbon terikat terbakar habis, sehingga dihasilkan abu dalam jumlah yang banyak [13].

Kadar air dan kadar abu memiliki pengaruh terhadap nilai densitas *bio-oil*. Semakin besar kadar abu, nilai densitas *bio-oil* akan tinggi. Tingginya kadar air, juga berpengaruh terhadap nilai densitas *bio-oil*. Karakteristik *bio-oil* kualitas baik untuk bahan bakar, memiliki nilai densitasnya kecil. Semakin kecil nilai densitas, maka semakin baik untuk digunakan bahan bakar [14].

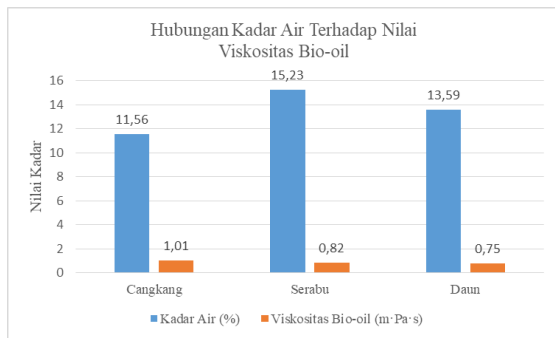
3.6 Pengaruh Kadar Air Terhadap Nilai Viskositas *Bio-Oil*.

Tingkat kekerasan biomassa yang dilihat dari zat yang terkandung berupa kadar air, juga berpengaruh terhadap *bio-oil*

yang dihasilkan. Pada Tabel 6 dan Grafik 6 di bawah ini, merupakan hasil pengujian viskositas dari 3 sampel. Pengaruh kadar air biomassa, memiliki pengaruh yang besar terhadap viskositas *bio-oil*.

Tabel 5. Pengaruh Kadar Air

No	Material	Kadar Air	Viskositas
1	Cangkang	11,56 %	1,01 (m·Pa·s)
2	Serabut	15,23%	0,82 (m·Pa·s)
3	Daun	13,59%	0,75 (m·Pa·s)



Grafik 6. Hubungan Kadar Air Terhadap Viskositas *Bio-oil*

Berdasarkan pada tabel dan grafik di atas, nilai viskositas cangkang kelapa lebih besar 1.01 m·Pa·s, dibandingkan dari serabut dan daun. Penyebab tingkat viskositas yang tinggi pada cangkang kelapa, karena kandungan kadar air lebih kecil dari serabut dan daun sebesar 11,56 %. Semakin besar viskositas dari suatu zat cair, maka akan semakin besar waktu alirnya nya. Sebaliknya, semakin kecil viskositas suatu zat cair maka waktu alir dari zat cair tersebut akan semakin kecil [15].

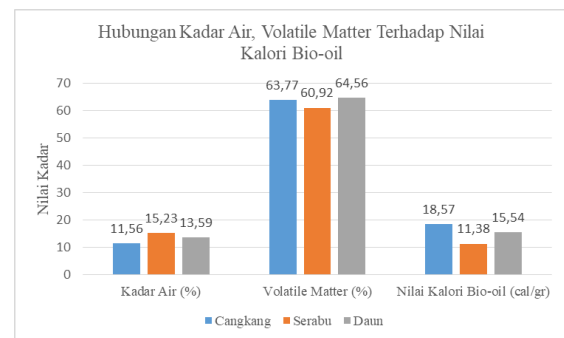
Nilai viskositas serabut dan daun kelapa lebih rendah, antara 0,82 dan 0,74 m·Pa·s. Hal ini, ternyata kandungan air dari kedua sampel sangat tinggi sebesar 15,23% dan 13,59%. Kadar air yang tinggi, menyebabkan nilai viskositas menjadi rendah. Air yang terkandung dalam asap cair berasal dari biomassa yang memiliki kandungan air yang tinggi [16]. Rendahnya nilai viskositas serabut dan daun kelapa, pada saat pirolisis kadar air lebih banyak yang menguap.

3.7 Pengaruh Kadar Air dan Volatil Terhadap Nilai Kalori *Bio-Oil*

Kekerasan Biomassa yang dilihat dari zat yang terkandung, memiliki pengaruh terhadap nilai kalori *bio-oil*. Pada pengujian nilai kalori *bio-oil*, mempunyai pengaruh terhadap kandungan zat pada biomassa. Adapun hasil uji nilai kalori *bio-oil* disajikan pada Tabel 7 dan Grafik 7 berikut.

Tabel 6. Pengaruh Kadar Air dan Volatil

No	Material	Kadar Air	Kadar Volatil	Nilai Kalori
1	Cangkang	11,56 %	63,77 %	18,57 cal/gr
2	Serabut	15,23 %	60,92 %	11,38 cal/gr
3	Daun	13,59 %	64,56 %	18,54 cal/gr



Grafik 7. Hubungan Kadar Air, Volatil Terhadap Nilai Kalori *Bio-Oil*

Berdasarkan data tabel dan grafik gambar 7 di atas, nilai kalori cangkang dan daun kelapa mempunyai selisih sangat kecil sekali. Tetapi cangkang kelapa memiliki nilai kalori yang tinggi. Dilihat dari tabel di atas, pengaruh nilai kalori *bio-oil* cangkang kelapa adalah kadar air yang rendah sebesar 11,56 %. Selisih nilai kalori *bio-oil* cangkang dan daun kelapa sebesar 0,3 cal/gr, hal ini dipengaruhi oleh kadar volatil yang cenderung besar. Semakin tinggi kadar volatil pada biomassa, maka ketika proses pirolisis banyak zat yang menguap. Pada daun kelapa, *bio-oil* memiliki nilai kalori 18,54 cal/gr. Hal ini dipengaruhi oleh kadar air yang tinggi, meskipun nilai volatil besar. Besarnya volatil yang menguap pada proses

pirolisis, maka nilai kalori *bio-oil* semakin tinggi, tetapi juga tergantung pada kadar airnya juga. disebabkan dengan naiknya temperature pirolisis maka kandungan oksigen dan air dalam *bio-oil* cenderung akan semakin berkurang sehingga meningkatkan nilai kalor [16]. Sedangkan pada serabut kelapa, nilai *bio-oil* rendah sebesar 11,38 cal/gr dari cangkang dan daun. Hal ini disebabkan oleh kadar air yang tinggi dan volatil pada serabut kelapa sangat rendah.

4. Kesimpulan

Tingkat kekerasan dan kandungan zat pada biomassa memiliki pengaruh terhadap *bio-oil* yang dihasilkan. Nilai cangkang kelapa kekerasan 62,5 HD dan kadungan zat kadar air, abu, volatile dan karbon, berpengaruh terhadap densitas, viskositas dan nilai kalori *bio-oil*.

Referensi

- [1] Pieter da Vries., Mark Conner, Raden J., 2010. Contained Energy Indonesian, in: Contributor Researcher: Desain dan Tata Muka., Franky I. Indonesia.
- [2] Agus. H. Energi Terbarukan. 2017. Innosain. Jogjakarta.
- [3] Syukri. M.N. dan Jusri. J. 2014. Biomassa Bahan Baku dan Teknologi Konversi Untuk Energi Terbarukan. PT. Insan Fajar Mandiri Nusantara. Bogor.
- [4] Emi. E. dan et. al., 2013. Karakteristik Bio Oil Hasil Pirolisis ampas Tebu. JKTI. Vol. 15 .No. 2.
- [5] Wati. D. A. R. dan Supiyono, T., 2013. Karakteristik Bio Oil Hasil Pirolisis Analisis Kandungan Volatile Matter Pada Briket Batok Kelapa Dengan Metode Gravimetri untuk Optimasi Kualitas Pembakaran. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin KOLECER. Vol. 01 .No. 1. Hal-37.
- [6] Nurmajid. A. dan et. al. 2021. Perbandingan Uji Densitas Menggunakan Metode STM D1298 dengan ASTM D4052 Pada Biodiesel Berbasis Kelapa Sawit. Jurnal LPMGB. 47-55.
- [7] Parmin. L. dan et. al. 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (OLI). Sainmatika. Vol. 13. No. 2. 26-34.
- [8] Kemas. R. dan et. al. 2019. Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang-Asap Cair Yang Hilang. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol. 20. No. 1. 18-27.
- [9] Diego. R. G. dan et. al. 2024. Proximate Analysis In Biomass: Standards. Applications and Key Characteristics. Results In Chemistry. Vol. 12. 101886.
- [10] Kemas, R. dan at. el. 2019. Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan. Jurnal Turbo. Vol. 8. No. 1. 69-78.
- [11] Fadilah. R. dan at. el. 2024. Pengaruh Variasi Suhu dan Berat Biomassa Terhadap Yield dan Kualitas Bio Oil Menggunakan Biomassa Sekam Padi Pada Proses Pirolisis. Prosiding A Semnas Mesin PJJN. 1035-1044.
- [12] Darmansyah. dan at. el. 2021. Pengaruh Ukuran Serbuk Dan Kekerasan Kayu Terhadap Kualitas Syngas Dari Pirolisis Biomassa. Jurnal Syntax Admiration. Vol. 2. No. 4. 2722-5356.
- [13] Nurhalim. dan at. el. 2018. Karakteristik Bio-Briket Berbahan Baku batu Bara Dan Batang/ Ampas Terbu Terhadap Kualitas dan Laju Pembakaran. Jurnal Rekayasa Proses. Vol. 12. No. 1. 51-58.
- [14] Nurhalim. dan at. el. Pengaruh Suhu Pirolisis Limbah Biomassa Pertanian Terhadap Karakteristik Bio Oil. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Al Jazari. Vol. 9. Issue. 2.
- [15] Oktabella. R. dan at. el. 2018. Measurement Of Viscosity Uses An Alternative Viscometer. Jurnal Geliga Sains, 127-132.

- [15] Nu'ainir, R. dan al. el. 2022. Pengaruh Berbagai Jenis Biomassa Terhadap Hasil Asap Cair Pada Proses Pirolisis. *Jurnal Teknologi Separadi*. 900-908.
- [17] Ariany, Z. 2016. Pengaruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu/ Baggase. *Teknoin*. Vol. 2. No. 5. 328-336.