

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi memiliki peran fungsi yang sangat besar dalam bidang perekonomian baik sebagai bahan bakar, bahan baku, maupun sebagai komoditas ekspor. Dari tahun ke tahun konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut hamper mayoritas menggunakan energi fosil. Sumber daya energi fosil khususnya minyak bumi jumlahnya terbatas serta harga energi fosil yang harganya terus meningkat, maka pemanfaatan energi dari energi terbarukan perlu dimanfaatkan secara optimal.

Biomassa merupakan energi terbarukan yang perlu banyak dikembangkan secara optimal untuk mengatasi berkurangnya persediaan energi fosil. Biomassa adalah salah satu jenis bahan bakar padat selain batubara. Biomassa diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu biomassa kayu dan bukan kayu (Borman dan Ragland, 1998 *dalam* Wijaya, 2007). Salah satu alternatif bahan bakar yaitu arang.

Mekanisme pembuatan arang dari biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, pirolisis, dan pembakaran arang. Biomassa dapat dikonversi menjadi energi dalam bentuk bahan bakar padat cair, gas, panas, dan listrik. Teknologi konversi biomassa antara lain teknologi esterifikasi (biodiesel), teknologi fermentasi (bioetanol) dan anaerobik digester (biogas). Teknologi konversi biomassa menjadi energi panas yang kemudian dapat diubah menjadi energi

mekanis dan listrik antara lain, teknologi pembakaran dan gasifikasi. Teknologi konversi termal biomassa meliputi pembakaran langsung, gasifikasi, dan pirolisis atau karbonisasi. Masing-masing metode memiliki karakteristik yang berbeda dilihat dari komposisi udara dan produk yang dihasilkan (Syamsiro dan Saptoadi, 2007).

Beberapa jenis limbah biomassa memiliki potensi yang cukup besar seperti limbah kayu, sekam padi, jerami, ampas tebu, cangkang sawit, sampah kota, dan kulit buah durian. Potensi lain yang belum tergarap adalah limbah kulit durian.

Durian merupakan salah satu dari sekian banyak bahan baku dari biomassa yang berasal dari hasil pertanian. Komposisi durian ada tiga bagian yaitu : daging buah 20-35 %, biji 5-15% dan kulit mencapai 60-75% dari total berat buah durian (Untung,2007). Kulit durian merupakan volume terbesar dari buah durian yang selama ini hanya dibuang. Limbah kulit durian merupakan biomassa yang memiliki potensi besar untuk dijadikan arang..

Pembuatan arang kulit durian belum banyak dilakukan, padahal potensi bahan baku, penggunaan, dan potensi pasar cukup besar, baik untuk dikonsumsi lokal maupun untuk industri besar. Umumnya pembuatan arang dilakukan dengan cara tradisional yaitu dengan membakar secara langsung kulit durian. Penelitian yang dilakukan oleh Soolany (2010), melakukan pengujian performansi dari *drum kiln* dengan bahan baku dari Kulit Durian. Untuk lebih mempertajam keilmuan penggunaan *drum kiln* untuk proses pembuatan arang maka perlu dilakukan kajian mengenai uji performansi *drum kiln* dari kulit buah durian.

B. Perumusan Masalah

Berbagai macam biomassa yang dijadikan arang seperti jerami, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, sampah, dan kulit durian. Kulit durian merupakan biomassa yang belum secara luas penggunaannya. Sehingga pemanfaatan biomassa tersebut untuk pembuatan arang memberikan solusi pengganti bahan bakar alternatif. Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, dapat dirumuskan pada permasalahan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui proses produksi arang dari bahan baku kulit durian menggunakan *drum kiln* sebagai sumber energi alternatif ?
2. Bagaimanana mengetahui kualitas hasil uji arang dari bahan baku kulit durian menggunakan tungku *drum kiln* ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah mengetahui kualitas dari arang kulit durian untuk digunakan sebagai alternatif energi, mengetahui proses produksi arang kulit durian dengan tungku *drum kiln*.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan gambaran kepada masyarakat mengenai potensi alternatif energi yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan memberikan informasi tentang pemanfaatan kulit durian sebagai bahan dasar pembuat arang.

E. Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini berupa data – data pengamatan dan pengujian arang dari kulit durian menggunakan tungku *drum kiln* dalam proses produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Alternatif

Akhir-akhir ini masalah kebutuhan energi menjadi salah satu topik pembicaraan yang sangat hangat di Indonesia, terutama setelah langkanya tersedia bahan bakar minyak tanah, solar dan premium, sehingga sukar untuk mendapatkannya di pasar, hal ini tentu berpengaruh terhadap sistem perekonomian kita secara umum. Pemerintah Republik Indonesia tak henti-hentinya menyerukan kepada rakyat agar hemat menggunakan sumber energi, jika kita tidak mentaati anjuran pemerintah ini maka akibatnya dapat mengancam kehidupan anak cucu kita dimasa yang akan datang. Dalam konferensi Perserikatan Bangsa Bangsa di Naerobi, Agustus 1981 dalam pembahasan masalah sumber energi menyimpulkan bagaimana pentingnya penggunaan kayu bakar dan arang sebagai sumber energi bagi sebagian besar penduduk dunia. Konsumsi kayu bakar di Indonesia pada tahun 1981 diperkirakan mencapai dua per tiga ton perkapita pertahun, maka konsumsi total akan mencapai 100 juta ton dan terbanyak di pulau Jawa, yaitu sebesar 60 juta ton. Dengan lajunya konsumsi energi tersebut dapat membahayakan kelestarian hutan dan lingkungan hidup, dalam hal ini perlu dicari jalan keluarnya sebab masalah penyelamatan hutan dan lingkungan hidup mengandung multi dimensi, maka perlu dicari sumber-sumber energi alternatif yang kompetitif untuk pengganti sumber bahan bakar minyak.

Lajunya kebutuhan energi ini disebabkan karena lajunya pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi, untuk itu maka penulis mencoba

membuat suatu penelitian tentang briket arang tempurung kelapa yang diimpregnasi dengan silikat untuk meningkatkan nilai kalor bakar dan kuat tekannya.

Dari banyaknya pendayagunaan energi alternatif ini, briket arang karbon mempunyai kaitan yang sangat erat dengan program pemerintah untuk lingkungan hidup yang sehat. Pembuatan briket dari arang ini perlu dikembangkan di perkotaan dengan memanfaatkan sampah-sampah dikalangan petani, sehingga upaya penyediaan sumber energi alternatif lebih terpenuhi.(Sukanto,Ir.,2001).

B. Durian

Durian (*Durio zibethinus*) termasuk buah terpopuler di negara-negara anggota ASEAN, terutama di Thailand, Malaysia, dan Indonesia. Masyarakat sudah akrab dengan aroma, rasa, dan bentuk buah yang berduri. Buah khas daerah tropis ini termasuk ordo Malvaceae, family bombacaceae, dan genus durio. Durian bisa disebut buah termahal, karena bagian yang bisa dimakan hanya 19-32% dari total bobot buah keseluruhannya, selain kulit dan biji yang juga dimanfaatkan sebagai kompos dan olahan lainnya (Untung, 2008).

Pada musim buah durian, berbagai varietas dan tipe diperdagangkan di berbagai pasar dalam negeri. Untuk pasar luar negeri, penyuluhan hasil rekomendasi varietas unggul serta promosi masih perlu ditingkatkan sesuai permintaan pasar. Demikian pula peningkatan dan aplikasi teknologi budidaya durian di sentra produksi dalam upaya peningkatan mutu buah. Pesaing Indonesia sebagai penghasil buah durian adalah Thailand dan Malaysia. Sentra produksi

durian di Indonesia adalah Sumatera Utara, Riau, Jambi, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, dan Kalimantan Barat (Diperta, 2012).

Pada umumnya durian dibudidayakan untuk dimanfaatkan buahnya, yang dikonsumsi dalam keadaan segar. Daging buah durian selain dimakan langsung atau dimakan dalam keadaan segar, dapat pula diolah dengan memasaknya bersama gula menjadi dodol durian (lempok) atau memfermentasikannya menjadi tempoyak untuk masakan. Aroma yang khas dari buah durian biasanya digunakan untuk aroma permen, es krim, susu, dan beberapa jenis minuman penyegar lainnya (Agricenter, 2013).

- **Kandungan Gizi Durian**

Durian adalah buah yang kontroversial, meskipun banyak orang yang menyukainya, namun sebagian yang lain malah tidak suka dengan aromanya. Sebutan populernya adalah "raja dari segala buah" (King of fruit). Daging buah durian dalam 100 gram memiliki kandungan gizi seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi durian

Kandungan Gizi	Satuan	Jumlah
Energi	kal	134,0
Protein	g	2,4
Lemak	g	3,0
Karbohidrat	g	28,0
Kalsium	mg	7,4
Fosfor	mg	44,0
Zat besi (Fe)	mg	1,3

Vitamin A	SI	175,0
Vitamin B1	mg	0,1
Vitamin C	mg	53,0
Air	g	65,0
Bagian dapat dimakan	%	22,0

- **Manfaat kulit durian**

Kulit durian dapat dikeringkan dan digunakan sebagai bahan bakar, terutama untuk mengasapi ikan. Selain itu, kulit juga dapat dimanfaatkan sebagai abu gosok yang bagus. Caranya dengan mengeringkannya dan membakarnya sampai hancur (Napitupulu, 2010).

Adapun kandungan kimia kulit durian yang dapat dimanfaatkan adalah senyawa pektin. Secara kimia, pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Sebagian gugus karboksil pada polimer pektin telah mengalami esterifikasi dengan metil menjadi gugus metoksil. Senyawa ini termasuk karbohidrat golongan polisakarida. Secara biokimia, karbohidrat adalah senyawa yang menghasilkan polihidroksil aldehida, polihidroksil keton bila dihidrolisis. Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil dan banyak gugus hidroksil (Herfiyanti, 2010).

Kulit durian merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai obat untuk memudahkan buang air besar dengan cara melumaskannya pada bagian perut, juga untuk mengobati ruam pada kulit (kurap), dan air abu kulit buah

durian dapat digunakan sebagai obat pelancar haid dan juga penggugur kandungan (abortivum). Kulit durian sangat bermanfaat untuk menghilangkan rasa mabuk dan panas setelah banyak makan durian, dan juga untuk menghilangkan bau durian di tangan dan di mulut setelah memegang buah durian. Caranya adalah meminum air dengan menggunakan kulit durian (Maulidina, 2012).

C. Kulit Buah Durian

Kulit durian merupakan limbah yang mengandung minyak atsiri, flavonoid, saponin, selulosa, lignin, serta kandungan pati. Kandungan dalam kulit durian tersebut mempunyai bau yang sangat menyengat dan tidak disukai oleh nyamuk, sebab efek kandungan tersebut bisa mempengaruhi syaraf pada nyamuk dan akibat yang ditimbulkan adalah nyamuk mengalami kelabihan dan akhirnya mati. Kulit durian dalam jumlah besar dapat digunakan sebagai obat dalam dunia farmasi karena kandungan kimianya, perekat kayu dalam olahan kayu dan dari turunan karbohidratnya yang dapat diolah untuk menghasilkan pektin yang merupakan bahan perekat dan pengental yang sangat dibutuhkan dalam jumlah besar oleh industri-industri olahan makanan (Widarto, 2009).

Kulit durian merupakan limbah yang hanya dimanfaatkan sebagai kompos atau pakan ternak, sementara kulit durian tersebut masih mengandung senyawa pektin yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan selai. Selai durian dibuat dari bahan-bahan sebagai berikut : kulit durian, gula pasir, asam sitrat, natrium benzoate, garam dapur, vanili, air, dan essens durian. Proses pengolahan meliputi tahapan sebagai berikut : pencucian kulit buah, perebusan, pendinginan,

penambahan bahan, pemasakan, penambahan bahan, dan pengemasan (Wikipedia, 2011).

Kulit durian secara proporsional mengandung unsur selulose yang tinggi (50-60%) dan kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%) sehingga dapat diindikasikan bahan tersebut bisa digunakan sebagai campuran bahan baku papan olahan serta produk lainnya yang dimampatkan. Kandungan kimia kulit durian yang dapat dimanfaatkan adalah pektin. Pektin merupakan senyawa yang baik digunakan sebagai pengental dalam makanan, sehingga pektin yang diperoleh dari kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai pengental dalam pembuatan cendol (Wikipedia, 2011).

Limbah kulit durian mengandung berbagai vitamin dan juga mengandung karbohidrat, lemak, protein, serat, kalsium, fosfor, asam folat, magnesium, potasium atau kalium (K), zat besi (Fe), zink, mangan (Mn), tembaga (Cu), karoten, thiamin, niasin, dan riboflavin (Nugraha, 2013).

Jelly durian tidak hanya dapat dibuat dari daging buah yang mahal, tetapi dapat juga dari bagian dalam (albedo) kulit durian karena albedo kulit durian masih mempunyai aroma khas durian dan kandungan pektinnya yang tinggi yaitu 17% (Wijayanti, 2011).

D. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, H₂, formaldehid, methana, formik dan asam asetat serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai

nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi (Singh dan Misra, 2005 dalam Kardianto, 2009),

Menurut Fengel dan Wegener (1983) proses karbonisasi merupakan suatu proses pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, yang menghasilkan arang serta menyebabkan penguraian senyawa organik. Hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Prinsip proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa dengan kandungan oksigen yang minimum. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang. Sedikit banyaknya arang yang dihasilkan bergantung pada komposisi awal biomassa. Semakin banyak kandungan senyawa volatil maka semakin sedikit arang yang dihasilkan karena banyak bagian yang terlepas ke udara. Penentuan komposisi awal biomassa dilakukan dengan analisis pendekatan (*proximate analysis*) (Kardianto, 2009).

Hasil yang diinginkan pada proses karbonisasi pembuatan arang hanya menyisakan *fixed carbon* saja di dalam arang, sehingga suplai udara yang diperlukan dibuat minimum agar *fixed carbon* tidak terbakar habis karena bereaksi dengan oksigen, tetapi bila suplai udara dikurangi maka proses pembakaran akan sulit terjadi karena temperatur karbonisasi tidak tercapai dan karbonisasi akan berlangsung dalam waktu yang lebih lama.

Tabel 2. Analisis proksimat limbah Kulit Durian

Material	Analisis proksimat (% berat, bahan basah)	Nilai
----------	---	-------

	Kadar air	Senyawa volatil	Kadar karbon	Kadar abu	kalor (kJ/kg)
kulit durian	16,1	49,9	20,5	13,5	16,998

Sumber: Syamsiro dan Saptoadi, 2007

E. Metode Karbonisasi Arang

Metode yang digunakan untuk proses karbonisasi arang secara sederhana yaitu:

1. *Earth pit kiln*

Pembuatan arang dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana, dimana bahan baku arang (kayu atau tempurung kelapa) diletakan di dalam tanah yang terlebih dahulu telah digali sampai ketinggian rata dengan tanah kemudian di atasnya diberi daun-daun kering sebagai pemicu nyala api. Setelah api menyala hingga bagian paling bawah, pada bagian atas kemudian ditutup dengan tanah hingga semua bagian kayu tertutup. Hal ini untuk mengurangi suplai oksigen yang masuk kedalam ruang karbonisasi.

2. *Brick kiln*

Proses karbonisasi arang metode ini menggunakan ruang pembakaran yang terbuat dari tanah liat atau batu bata yang dibuat sedemikian rupa membentuk ruang pembakaran kemudian bahan baku arang dimasukkan ke dalamnya dan dibakar. Metode ini memiliki keuntungan panas pembakaran yang tinggi.

3. *Drum kiln*

Metode ini menggunakan drum dari logam yang tahan panas (biasanya menggunakan drum oli) untuk mengkarbonasikan arang. Metode inilah yang banyak

digunakan saat ini untuk proses karbonisasi, karena biayanya yang relatif murah dan tidak terikat dengan lokasi (dapat dipindah-pindahkan).

4. *Drum kiln* dengan *reverse draught*

Metode karbonisasi ini hampir sama dengan *drum kiln* yaitu menggunakan silinder dari logam tahan panas hanya saja terdapat cerobong yang letaknya pada bagian bawah tabung, dengan maksud untuk mengurangi besarnya draf yang diakibatkan oleh aliran udara dan gas sisa pembakaran. Metode karbonisasi ini biasa digunakan untuk skala besar (Wijaya, 2007).

F. Kualitas Arang

Arang dapat dikatakan berkualitas atau tidak ditentukan dari kandungan karbon di dalamnya. Semakin tinggi karbon yang terkandung dalam arang maka arang tersebut dapat dikatakan berkualitas karena kandungan karbon (*fixed carbon*) ini merupakan pembangkit utama panas selama pembakaran. Kualitas dari arang menurut (Borman dan Ragland, 1988 *dalam* Wijaya 2007) ditentukan dengan analisa proksimat (*proximate analysis*). Analisa proksimat ini digunakan untuk menentukan kadar karbon (*fixed carbon*) dalam arang terlebih dahulu dicari kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), serta kadar senyawa volatil (*volatile matter content*).

1. Kadar air

Air yang terkandung dalam bahan dinyatakan sebagai kadar air. Kadar air arang ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam arang dengan berat arang tersebut. Kadar air arang diukur berdasarkan basis basah, dilakukan dengan metode oven, kemudian didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Cara ini diulangi sampai berat bahan konstan (Sudarmadji *et al.*, 1997).

Darmawan (2000) *dalam* Wijaya (2007), mengemukakan kadar air arang sangat mempengaruhi nilai kalor atau nilai panas yang dihasilkan. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Hal ini disebabkan karena panas yang tersimpan dalam arang terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran.

2. Kadar abu

Abu adalah bahan yang tersisa apabila kayu dipanaskan hingga berat konstan Earl (1974) *dalam* Wijaya (2007). Kadar abu ini sebanding dengan kandungan bahan anorganik di dalam kayu. Salah satu unsur utama yang terkandung dalam abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Abu terdiri dari bahan mineral seperti lempung, silika, kalsium, serta magnesium oksida dan lain-lain. Kandungan abu merupakan ukuran kandungan material dan berbagai material anorganik didalam bahan. Penentuan kadar abu adalah dengan mengoksidasikan semua zat organik pada suhu yang tinggi yaitu sekitar 500°C-600°C dan kemudian melakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pembakaran tersebut (Sudarmadji *et al.*, 1997).

3. Senyawa Volatile

Senyawa volatile atau sering disebut dengan zat yang mudah menguap, berpengaruh terhadap pembakaran arang. Kandungan senyawa volatil mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api. Penilaian tersebut didasarkan pada rasio atau perbandingan antara karbon tetap dengan zat yang

mudah menguap, yang disebut dengan rasio bahan bakar (*fuel ratio*). Semakin tinggi nilai rasio bahan bakar maka jumlah karbon di dalam arang yang tidak terbakar juga semakin banyak. Semakin banyak kandungan senyawa volatil pada bioarang maka arang semakin mudah untuk terbakar dan menyala (Kardianto, 2009)

4. Kadar Karbon

Kadar karbon (*Fixed carbon*) merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didistilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas. kadar karbon memberikan perkiraan kasar terhadap nilai panas batubara (UNEP, 2006 *dalam* kardianto, 2009).

Nilai kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar air, kadar abu, dan jumlah senyawa volatil. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan tingkat pembatubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat yang mudah menguap digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai *fuel ratio* (Imam, 2006).

Jumlah kadar karbon dan bahan senyawa volatil secara langsung turut andil terhadap nilai panas arang. Kadar karbon bertindak sebagai pembangkit utama panas selama pembakaran. Kandungan senyawa volatil yang tinggi menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar (UNEP, 2006 *dalam* Kardianto, 2009).

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu arang yang baik sebagai berikut (Rifki, 2004):

- a. Mempunyai kandungan karbon (*fixed carbon*) lebih dari 75 %

- b. Cukup keras ditandai dengan tidak mudah patah dan hancur
- c. Kandungan abu tidak lebih dari 5%
- d. Kandungan air tidak lebih dari 8%
- e. Kandungan zat yang mudah menguap tidak lebih dari 15%
- f. Tidak tercemari oleh unsur-unsur yang membahayakan atau kotoran yang lainnya
- g. Arang 100% matang.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat di mulai dari awal Oktober 2018, dari proses pembuatan alat yang akan digunakan yaitu drum kiln bertempat di Bengkel Las Karya Mulya, Banyumas selama 2 bulan. Sedangkan bahan kulit durian di persiapkan mulai bulan Januari 2019 di Cindaga Banyumas.

2. Proses Produksi

Proses produksi arang dari kulit durian menggunakan drum kiln di Uji di laboratotum Konversi Energi Fakultas Teknologi Industri UNUGHA Cilacap. Selama satu bulan.

3. Pengujian Arang

Pengujian arang kulit durian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pertanian, Universitas Jendral Soedirman (UNSOED) pada tanggal 7 Maret 2019.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kulit durian, spirtus dan kertas. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *drum kiln*, termometer digital, timbangan digital, desikator, *bomb calorrimeter*, alat tulis, *Stopwatch*, cawan, tanur dan penjepit.

C. Garis Besar Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. Penelitian Pendahuluan

a) Hipotesis

Sebelum dilakukan penelitian pendahuluan mengenai Rancang Bangun Tungku *Drum Kiln* Untuk Proses Pembuatan Arang Dari kulit durian Sebagai Alternatif Energi, terlebih dahulu dibuat hipotesis. Hipotesis dari penelitian ini yaitu bagaimana memanfaatkan limbah kulit durian diolah menjadi arang dengan menggunakan *drum kiln* supaya mendapatkan kualitas arang yang baik dengan waktu pengarangan yang relatif lebih singkat.

Penelitian pendahuluan yaitu dilakukan sebelum dimulainya penelitian sebenarnya. Penelitian pendahuluan meliputi uji fungsional. Uji kinerja menggunakan beban dilakukan pada penelitian lanjutan.

b) Uji Produksi

Uji Produksi adalah pengujian bahan yang dilakukan untuk mengetahui apakah bahan (Limbah) bisa dimanfaatkan menjadi arang/ di produksi, menggunakan drum kiln.

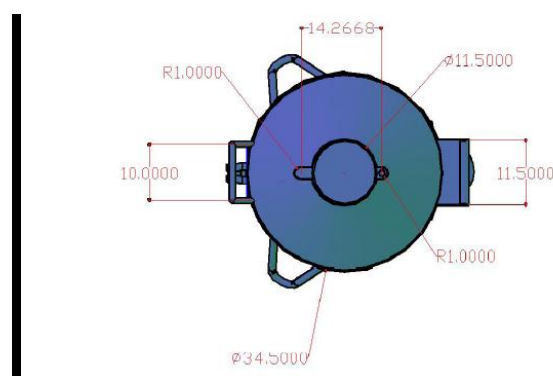
Pengujian yang dilakukan dengan memasukan kulit durian sebanyak 4 kg menghasilkan rata-rata 30 %, kemudian diamati setiap bagian *drum kiln*. Bagian-bagian yang diamati meliputi:

1) Ruang Pembakaran

Ruang pembakaran berbentuk silinder dengan tinggi 80,2 cm dan diameter bagian dalam 32,5 cm. Dinding ruang pembakaran terdapat tiga lapisan, yaitu berturut turut dari luar ke dalam adalah plat

besi, asbestos dan plat besi. Pada pengujian yang telah dilakukan bagian ruang pembakaran tidak terjadi kerusakan, penggunaan asbestos sebagai isolator juga sangat baik dalam meminimalisir panas yang keluar dari ruang pembakaran.

Gambar 1. Alat uji performansi Drum Kiln tampak dari atas



2) Cerobong

Bagian cerobong berbentuk silinder dengan tinggi 11,5 cm dan diameter bagian dalam 9,5 cm. Bagian cerobong juga terbuat dari plat besi yang dilapisi asbestos. Pada saat pengujian cerobong berfungsi mengeluarkan asap dengan baik, namun terdapat kebocoran dibagian sambungan antara cerobong dengan tutup ruang pembakaran, sehingga asap tidak hanya keluar dari ujung cerobong namun juga keluar dari kebocoran tersebut.

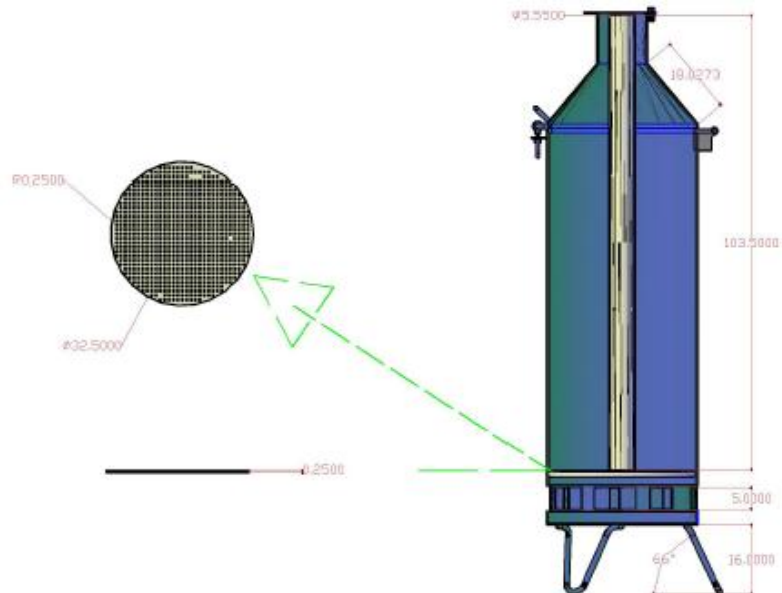
Gambar 2. Tungku Drum Kiln



3) Lubang masuk udara

Lubang masuk udara berbentuk persegi empat dengan dimensi 5 cm x 5 cm. Menurut Wijaya (2007) proses karbonisasi arang membutuhkan suplai udara pembakaran yang minimum agar karbon yang terkandung dalam arang tidak habis terbakar. Banyak sedikitnya pasokan udara kedalam *drum kiln* ini bergantung dari ukuran lubang masuk udara. Dari hasil pengujian lubang udara sudah berfungsi dengan baik, udara yang dibutuhkan dalam ruang pembakaran tercukupi, sehingga kulit durian tidak terbakar habis, melainkan menjadi arang. Tetapi pada saat pengujian arang yang berukuran kecil jatuh melalui lubang udara, sehingga dilakukan penambahan kawat ayakan dibagian dasar ruang pembakaran agar arang tidak jatuh.

Gambar 3. Lubang udara drum kiln



Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melakukan percobaan sesuai dengan prosedur penelitian yang akan dilakukan. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang digunakan sudah berfungsi sebagaimana fungsinya, dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi hasil dari penelitian yang dilakukan.

Penelitian pendahuluan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu membuat arang kulit durian dengan kapasitas volume 100 % rata-rata 4 kg sebanyak 3 kali ulangan dimana proses pembuatan arang dilakukan sesuai dengan prosedur yang digunakan untuk membuat arang. Hasil arang yang dihasilkan dicatat seperti lamanya waktu proses karbonisasi, jumlah kulit durian yang terbakar pada proses karbonisasi, kadar air, kadar abu, dan senyawa volatile.

D. Variabel dan Pengukuran

Variabel yang diamati dan diukur dalam penelitian ini adalah:

1. Kadar air

Arang yang dihasilkan pertama kali dari proses karbonisasi kadar airnya minimum, tetapi setelah melalui proses penyimpanan dan terkena udara sekitar yang lembab maka kadar air dalam arang akan meningkat. Kadar air ini dapat menurunkan nilai kalor arang.

Penentuan kadar air menurut Sudarmadji *et al.*, (1997) dilakukan dengan memanaskan sampel arang sekitar 10 g ke dalam ruangan tertutup dengan temperatur 105°C sampai 110°C selama 3 jam. Berat sampel yang telah dipanaskan tersebut kemudian ditimbang dan digunakan untuk mengurangi berat sampel mula-mula, dikalikan seratus persen maka didapat persen kadar airnya, dengan rumus:

$$KA_{(bb)} = \left\{ \frac{m_a - m_b}{m_a} \right\} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

$KA_{(bb)}$: kadar air basis basah (%)

m_a : bobot bahan sebelum dikeringkan dalam oven (g)

m_b : bobot bahan setelah dikeringkan dalam oven (g)

2. Kadar abu

Abu yang terdapat dalam arang merupakan kotoran yang tidak dapat terbakar. Abu ini dapat berupa tanah atau bahan mineral seperti silika. Analisa kadar abu dilakukan dengan mengambil sampel arang yang telah ditimbang dahulu sehingga didapat bobot konstan sekitar 1 g kemudian sampel dipanaskan

selama 3 jam pada temperatur 500°C-600°C. Setelah selesai sampel kemudian didinginkan dan ditimbang lagi (Sudarmadji *et al.*, 1997). Kadar abu didapat dengan cara membagi massa abu dengan massa sampel hasil pemanasan dikalikan seratus persen, dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

m_1 : bobot abu (g)

m_2 : bobot sampel yang dikeringkan (g)

3. Senyawa volatil

Senyawa volatil merupakan material yang mudah menguap dalam arang yang biasanya terdiri dari metana, senyawa hidrokarbon, hidrogen dan gas yang mudah terbakar. Senyawa volatil ini dapat membantu memudahkan penyalaaan arang.

Analisa kadar senyawa volatil menurut Borman dan Ragland (1998) dalam Wijaya (2007) dilakukan dengan menimbang terlebih dahulu sampel arang

sehingga didapatkan bobot konstan sekitar 1 g, ditempatkan pada krus tertutup kemudian dipanaskan selama 7 menit dengan temperatur yang di set pada 950°C. Setelah selesai sampel ini kemudian ditimbang lagi, bobot yang hilang dari pemanasan inilah yang dikatakan senyawa volatil, dengan rumus:

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{a-d}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Kadar zat mudah menguap (\%)} = \text{kehilangan berat} - \text{kadar air} \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

a = bobot awal (g)

d = bobot sampel setelah pemanasan (g)

4. Kadar karbon

Kadar karbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didistilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas.

Nilai Kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar air (kelembaban), kadar abu, dan jumlah zat yang mudah menguap. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan tingkat pematubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat yang mudah menguap (senyawa volatil) digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai rasio bahan bakar.

Kadar karbon bertindak sebagai pembangkit utama panas selama pembakaran. Kandungan bahan yang mudah menguap yang tinggi menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar (Kardianto, 2009).

Persamaan untuk mencari kadar karbon adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ karbon} = 100 \% - (\% \text{ air} + \% \text{ abu} + \% \text{ senyawa volatil}) \dots \dots \dots (5)$$

5. Nilai kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 g air 1°C, dengan satuan kalori, dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar

didalam zat asam. Menurut Prawirohatmojo (1976) dalam Kardanato (2009) nilai kalor suatu bahan ditentukan oleh berat jenis bahan dan kadar air dari bahan itu sendiri. Nilai kalor didapatkan dengan pengujian menggunakan alat *bomb calorrimeter*.

6. Efisiensi kalor arang

Efisiensi kalor arang kulit durian diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \left\{ \frac{mc \times Qc}{mt \times Qt} \right\} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

dengan:

- η : Efisiensi (%)
- mc : Massa arang (g)
- mt : Massa kulit durian (g)
- Qc : Nilai kalor arang (kal/g)
- Qt : Nilai kalor kulit durian (kal/g)

7. Jumlah arang yang dihasilkan

Rendemen arang kulit durian diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\Sigma \text{ arang}}{\Sigma \text{ kulit durian}} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

8. Jumlah kulit durian yang menjadi abu

Rendemen arang kulit durian diperoleh dengan rumus sebagai berikut

$$\% \text{ abu} = \frac{\Sigma \text{ abu}}{\Sigma \text{ kulit durian}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

9. Waktu proses karbonisasi

Waktu proses karbonisasi dihitung mulai dari penyalaan api sampai berakhirnya proses karbonisasi yang ditandai dengan tidak adanya asap yang keluar dari cerobong *drum kiln* (Wijaya, 2007)

E. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan.

No	Kegiatan	<u>Bulan ke-</u> 2018-2019					
		X	XI	XII	I	II	III
1.	Persiapan						
2.	Perancangan						
3.	Pembuatan tungku <i>drum kiln</i>						
4.	Pencarian Bahan						
4.	Pelaksanaan penelitian						
5.	Pengumpulan data						
6.	Analisis data						
7.	Penyusunan laporan						

F. Analisis Data

Perhitungan data diperoleh dengan menggunakan rumus-rumus tersebut pada pendekatan masalah dan batasan sistem. Analisis data dilakukan dengan mengadakan pengamatan dan pengukuran terhadap jalannya proses karbonisasi kulit durian menjadi arang. Analisis data secara keseluruhan digunakan untuk memperoleh kesimpulan tentang bagaimana proses karbonisasi kulit durian menggunakan *drum kiln*, serta mengambil langkah selanjutnya untuk meningkatkan efisiensi kinerja *drum kiln*. Serta menentukan kombinasi manakah yang paling tepat untuk menghasilkan kualitas arang yang baik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai proses produksi arang dari kulit durian menggunakan drum kiln dilakukan secara bertahap mulai dari proses penyiapan kulit durian sampai terbentuknya arang kulit durian. Proses ini disebut dengan karbonisasi atau pengarangan. Proses karbonisasi adalah suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan dihasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap (Kardianto, 2009).

Proses produksi arang dari kulit durian menggunakan drum kiln menghasilkan performansi meliputi kadar air, nilai kalor, jumlah kulit durian yang terbakar pada saat proses karbonisasi, kadar abu, senyawa volatile, lama waktu proses karbonisasi. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa pengamatan, pengukuran, dan analisis statistik.

A. Kadar Air

Kadar air arang dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat arang. Kadar air arang diukur berdasarkan basis basah, dilakukan dengan metode oven, kemudian didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Cara ini diulangi sampai berat bahan konstan (Sudarmadji *et al.*, 1997).

Nilai kadar air kulit durian yang digunakan untuk pembuatan arang kulit durian untuk semua perlakuan yaitu berkisar 13%-15%. Nilai kadar air akan mempengaruhi kualitas dari arang kulit durian yang dihasilkan. Semakin banyak air yang terkandung dalam arang kulit durian, maka penyalaan arang akan

menjadi sulit dinyalakan (Herawaty *et al.*, 2008). Standar internasional kadar air dari kulit durian yaitu 15% (Palungkun, 2004).

Hubungan antara kadar air arang kulit durian dengan perlakuan percobaan disajikan pada Tabel.

Tabel 4. Kadar air arang kulit durian hasil proses karbonisasi dengan *drum kiln*

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lubang Udara	Lama Karbonisasi	Nilai Kadar Air
1.	3,80 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	14,37 %
2.	4 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	14,91 %
3.	3,90 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	14.31 %

Hasil analisis uji menunjukkan bahwa jumlah lebar lubang udara memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air arang kulit durian yang dihasilkan.

Perlakuan delapan lubang dengan volume lubang 50 % memiliki kadar air yang lebih rendah. Perlakuan besarnya lubang mempunyai pengaruh terhadap kadar air yang dihasilkan, karena jumlah oksigen yang masuk ke dalam ruang pembakaran sedikit menyebabkan banyak material-material dalam kulit durian selain karbon masih ada yang belum terbakar dan menjadi senyawa volatile (Wijaya, 2007), semakin banyak senyawa volatile mengindikasikan banyaknya karbon yang terbakar habis menjadi CO₂ dan H₂O (uap) sehingga arang yang dihasilkan mempunyai kadar air yang relatif lebih tinggi.

B. Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh 1 g bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 g air sebesar 1 °C dengan satuan kalori. Perhitungan nilai kalor dari arang kulit durian untuk arang kulit durian dengan tiga kali pengujian menghasilkan nilai yang berbeda-beda, dan nilai standar kalor berdasarkan Standar Internasional adalah 5000 kal/g. Hasil untuk pembakaran pertama dari penelitian sebesar 4668.3 kal/g, untuk pembakaran yang kedua menghasilkan Nilai kalor sebesar 4589.6 kal/g, dan untuk pembakaran ketiga menghasilkan Nilai Kalor sebesar 4687.5 kal/g

Tabel 5. Hasil nilai kalor dengan perlakuan percobaan disajikan pada Tabel.

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lubang Udara	Lama Karbonisasi	Nilai Kalor
1.	3,80 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	4668,3 Kal/gr
2.	4 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	4589,6 Kal/gr
3.	3,90 Kg	8 x 2,5 cm	4 Jam	4687,5 Kal/gr

Hasil pengukuran nilai kalor diukur dengan menggunakan menunjukkan nilai kalor terbesar yaitu pada dengan delapan lubang dengan volume besar udara 50% sebesar 4687.5 kal/g.

Arang yang memiliki *fixed carbon* yang tinggi akan memiliki nilai kalor yang tinggi, karena dengan *fixed carbon* yang tinggi kandungan energi kimia yang

dimiliki arang tinggi, sehingga akan baik digunakan sebagai bahan bakar (Wijaya, 2007).

Semakin tinggi nilai kalor dari kulit durian maka akan menghasilkan panas yang tinggi apabila digunakan sebagai bahan bakar dan memiliki kadar air yang rendah (Wijaya, 2007), sedangkan untuk arang tempurung yang memiliki nilai kalor rendah mempunyai kadar air yang tinggi. Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan oleh arang digunakan untuk mengeluarkan air yang terkandung pada arang kulit durian.

C. Jumlah Kulit Durian Yang Terbakar Pada Proses Karbonisasi

Jumlah kulit durian yang terbakar pada saat proses karbonisasi dihitung dengan menggunakan alat timbangan digital . Jumlah kulit durian yang dimasukan ke dalam ruang pembakaran yaitu berkapasitas kapasitas 100%, dari setiap jumlah kulit durian dalam proses karbonisasi berbeda-beda. Hasil pengukuran dan perhitungan untuk masing-masing perlakuan didapat nilai % kematangan dari semua perlakuan 100% atau matang seluruhnya. . Hubungan proses karbonisasi arang kulit durian dengan perlakuan percobaan disajikan pada Tabel.

Tabel 6. hasil arang kulit durian hasil proses karbonisasi dengan *drum kiln*

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lubang Udara	Lama Karbonisasi	Hasil arang
1.	3,80 Kg	8 : 50%	4 Jam	1,25 kg
2.	4 Kg	8 : 50%	4 Jam	1,33 kg
3.	3,90 Kg	8 : 50%	4 Jam	1,40 kg

Hasil pengukuran jumlah kulit durian yang terbakar menjadi arang tidak dapat dianalisis secara statistik dikarenakan data yang diperoleh semuanya sama yaitu untuk % kematangan sebesar 100% atau matang seluruhnya. Faktor yang mempengaruhi jumlah kulit durian yang terbakar menjadi arang saat proses karbonisasi yaitu pada saat asap yang keluar dari cerobong masih tebal dilakukan penutupan pada cerobong dan lubang *drum kiln*, sehingga masih ada beberapa kulit durian yang belum terbakar menjadi arang.

D. Kadar Abu

Abu yang terdapat dalam arang merupakan kotoran yang tidak dapat terbakar. Abu ini dapat berupa tanah atau bahan mineral seperti silika. Pengukuran kadar abu merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kualitas dari arang.

Standar internasional untuk kadar abu arang kulit durian yaitu 10% (Palungun, 2004), semakin banyak kadar abu yang terkandung dalam arang maka jumlah arang yang dihasilkan sedikit dibandingkan dengan arang yang mempunyai kadar abu yang rendah.

Tabel 7. nilai kadar abu arang kulit durian hasil proses karbonisasi dengan *drum kiln*.

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lubang Udara	Lama Karbonisasi	Nilai Kadar Abu
1.	3,80 Kg	8 : 50%	4 Jam	12,05 %
2.	4 Kg	8 : 50%	4 Jam	11,75 %

3.	3,90 Kg	8 : 50%	4 Jam	12,22 %
----	---------	---------	-------	---------

Hasil analisis uji menunjukkan bahwa jumlah lubang udara yang di buka 50% (8 x 2,5 cm) memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu arang tempurung kelapa yang dihasilkan,.

Perlakuan lubang udara dan volume memberikan sedikit pengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan. Kadar abu yang dihasilkan setiap perlakuan lebih dipengaruhi oleh kandungan mineral dari kulit durian yang digunakan. Berdasarkan hasil uji statistik nilai kadar abu dari arang kulit durian yang dihasilkan secara umum sesuai dengan standar internasional yaitu 10% (Palungkun, 2004).

E. Senyawa Volatile

Senyawa Volatile atau zat mudah menguap merupakan material yang mudah menguap dalam arang yang biasanya terdiri dari metana, senyawa hidrokarbon, hidrogen dan gas yang tidak mudah terbakar seperti karbondioksida dan nitrogen (Wijaya, 2007). Kandungan senyawa volatile pada arang mempengaruhi parameter dari kualitas arang yang dihasilkan, semakin banyak kandungan senyawa volatile pada bioarang, maka arang semakin mudah untuk terbakar dan menyala (Kardianto, 2009). Dari standar internasional senyawa volatile yaitu 15%. Hasil pengukuran kandungan Senyawa Volatile disajikan pada table.

Tabel 8. Volatile arang kulit durian hasil proses karbonisasi dengan *drum kiln*

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lama Karbonisasi	Volatile
1.	3,80 Kg	4 Jam	18,43 %
2.	4 Kg	4 Jam	18,47 %
3.	3,90 Kg	4 Jam	18,44 %

F. Lamanya Waktu Karbonisasi

Lamanya waktu proses karbonisasi dihitung yaitu dimulai dari penyalaan api sampai berakhirnya proses karbonisasi yang ditandai dengan tidak adanya asap yang keluar dari cerobong *drum kiln* (Wijaya, 2007). Pengukuran lamanya waktu karbonisasi dimulai setelah penutupan cerobong *drum kiln* setelah api nyala secara merata sampai penutupan *drum kiln* dengan kain basah pada bagian cerobong dan penutupan dengan tanah pada bagian kaki *drum kiln*. Berakhirnya proses karbonisasi ditandai dengan asap yang keluar dari cerobong semakin menipis.

Waktu proses karbonisasi kulit durian menjadi arang dengan perlakuan percobaan disajikan pada Tabel

Tabel 8. Kulit durian hasil proses karbonisasi dengan *drum kiln*

No.	Berat Bahan (kulit durian)/Kg	Lubang Udara	Lama Karbonisasi
1.	3,80 Kg	8 : 50%	3 Jam, 43 menit
2.	4 Kg	8 : 50%	4 Jam, 3 menit
3.	3,90 Kg	8 : 50%	3 Jam, 55 menit

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil pengujian kulit durian menjadi arang sebagai alternatif energi menggunakan drum kiln dinilai cukup baik yang menghasilkan rata-rata 30 % dalam satu kali proses produksi.
2. Hasil karbonisasi kulit durian menjadi arang menggunakan *drum kiln* menghasilkan nilai yang berbeda-beda untuk masing-masing pengujian. Hasil pengujian yaitu kadar air 14,37%, 14,91 %, 14,31% , kadar abu 12,05%, 11,75 %, 12,22 %, *volatile matter* 18,43 %, 18,47 %, 18,44 %, lamanya waktu proses karbonisasi 4 jam, nilai kalor 4668,3 kal/g, 4589,6 kal/g, 4687,5 kal/g, dan jumlah kulit durian yang terbakar saat proses karbonisasi dihitung dalam % kematangan yaitu 99 % untuk seluruh perlakuan.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memodifikasi *drum kiln* pada bagian bawah drum kiln guna pembongkaran arang kulit durian agar lebih efisien *dan* memudahkan pada saat proses pembongkaran.
2. perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan cara kombinasi-kombinasi campuran dengan bahan kulit durian, maupun kombinasi antara volume dengan besarnya lubang udara maupun waktu karbonisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, A.A., E. Sukara, T. Tedja, dan R. Purnawati. 1988. *Biokonversi Limbah Lignoselulosa oleh Trichoderma verideae dan Aspergillus niger*. Lab. Bioindustri, PAU-Bioteknologi. IPB. Bogor
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM). 2004. *Statistik Energi Indonesia*. (On-line). www.isjd.pdii.lipi.go.id. Diakses 15 Maret 2010
- De Garmo, E. P., W. G. Sullivan and J. R. Canada. 1994. *Engineering Economic*. Mac. Millan Publishing Co, New York
- Departemen Pertanian (Deptan). 2007. *Gerakan Peningkatan Produksi dan Mutu Durian Nasional*. (On-line). www.ditjenbun.deptan.go.id. Diakses 15 Maret 2010
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1983. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Terjemahan oleh Hardjono Sastromidjodjo, disunting oleh Soenardi Prawirohatmodjo. Gadjah Mada University Press.
- Hanafiah, K. A. 2002. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 259 Hal
- Imam, B, 2006 *Bidang Energi dan Sumber Daya Alam (Menenal Batu Bara 2)*. (On-line). www.beritaiptek.com. Diakses 15 Maret 2010
- Kardianto, P. 2009. Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Arang Batang Jagung. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Palungkun, R. 2004. *Aneka Produk olahan Kelapa*. Penebar Swadaya. Jakarta. 118 Hal.
- Rifki, R, 2004. *Arang Dari Masa ke masa*, (On-line). www.tungku.or.id. Diakses 15 Oktober 2010.
- Soolany, C. 2010. Uji Performansi *drum kiln* Untuk Pembuatan Arang Dari Temprung Kelapa. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Subroto. 2007. *Karakteristik Pembakaran Briket Campuran Arang Kayu dan Jerami*. (On-line). http://eprints.ums.ac.id/874/1/2._SUBROTO.pdf diakses pada tanggal 21 Juli 2010.
- Sudarmaji, S. B., Haryono dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta

Susanto, F.X. 1994. *Tanaman Durian, Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 21-34

Syamsiro, M. dan H. Saptoadi. 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Kulit durian :Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. (On-line). www.p3m.amikom.ac.id. Diakses 15 Maret 2010

Wijaya, H. 2007. *Perencanaan Drum Kiln Untuk Karbonisasi Arang Kulit Durian*. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Kristen Petra. Surabaya.