

ALAT PIROLISIS TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU BRIKET BIOMASSA

NK. Caturwati^{1*}, Endang Suhendi², Eko Prasetyo³

^{1,3} Jurusan Teknik Mesin; ² Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman km.3 Cilegon.

*Email : n4wati@untirta.ac.id

Abstrak

Kelangkaan bahan bakar fosil disertai peningkatan kebutuhan energi memaksa kita untuk mengembangkan sumber-sumber energi lain diluar energi fosil sebagai bahan baku energi. Tempurung kelapa sawit merupakan salah satu limbah agroindustri Indonesia dewasa ini yang ketersediaannya cukup melimpah. Pemanfaatan tempurung kelapa sawit sebagai bahan bakar dalam bentuk briket cukup menjanjikan untuk dikembangkan. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan alat pirolisis tempurung kelapa sawit dalam skala laboratorium dengan menggunakan metode VDI 2221 dengan temperatur pirolisis yang dapat di atur : 250 °C , 300 °C, 350 °C dan 400 °C. Untuk proses pirolisis selama 1 jam menghasilkan produk char (padatan) sebagai bahan baku briket dengan nilai kalor yang cukup tinggi sebesar 7070,335 kalori/gram.

Kata kunci : metode vdi 2221, pyrolisis, tempurung kelapa sawit,

1. PENDAHULUAN

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia sehingga fase padat berubah menjadi fase gas. Proses ini merupakan proses penguraian melalui pemanasan dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu padatan (Char), cairan (Bio-oil), dan gas (H₂, CO, CO₂, dan CH₄). Padatan (char) hasil pirolisis tempurung kelapa sawit merupakan bahan baku briket dengan nilai kalor yang cukup tinggi.

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan alat pirolisis dengan menggunakan alat pemanas listrik. Selain dihasilkan produk char, juga diperoleh cairan (bio-oil) dari hasil kondensasi gas hasil pirolisis yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku pengawet.

Perancangan yang dilakukan menggunakan pendekatan dengan metode VDI 2221, yang merupakan suatu metode penyelesaian masalah dengan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan aspek ekonomi yang dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu :

- Penjabaran tugas perancangan.
- Perancangan konseptual.
- Perancangan wujud
- Perancangan detail

Berdasarkan *Encyclopedia of Energy Technology and the Environment*, pirolisis didefinisikan sebagai proses dekomposisi panas untuk memproduksi gas, cairan organik (tar), dan padatan sisa (*char*). Pirolisis biasanya dipahami sebagai dekomposisi panas yang terjadi pada kondisi bebas oksigen, tetapi pirolisis yang *oksidatif* hampir selalu menjadi bagian yang berkaitan dari proses pembakaran dan gasifikasi. Gas, cairan dan padatan hasil pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar, dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut dan sebagai bahan baku dari industri kimia dan material. Bahan-bahan yang cocok sebagai umpan proses pirolisis antara lain batu bara, biomassa, plastik, karet, dan kandungan selulosa (50%) dari sampah perkotaan (Serio, 2004).

Proses pirolisis dikategorikan menjadi 4 tipe yaitu (Goyal, dkk., 2006) :

- a. Pirolisis lambat
- b. Pirolisis Cepat
- c. Pirolisis Kilat
- d. Pirolisis Katalitik Biomassa

Produk Pirolisis;

Pirolisis biomass menghasilkan produk yang mengandung cairan, gas dan arang padat (Char). Produk utama hasil pirolisis biomass adalah produk cair dengan perolehan mencapai 75% dari umpan kering (kadar air umpan kurang dari 10% berat). Perbandingan produk tersebut bergantung pada jenis umpan, temperatur pirolisis, laju pemanasan, dan waktu tinggal. Tetapi pada umumnya terdiri atas 40–65%-w cairan organik, 10–20%-w char, 10–30%-w gas dan 5–15%-w air dengan basis umpan kering. Kebanyakan reaktor pirolisis membutuhkan umpan yang mengandung 5–15%-w air.(Diebold, 1999).

1. METODOLOGI PENELITIAN

Metode perancangan yang digunakan dalam pembuatan alat pirolisis ini adalah metode VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*), Persatuan Insinyur Jerman. Tahapan yang harus dilakukan adalah :

2.1 Tugas Perancangan

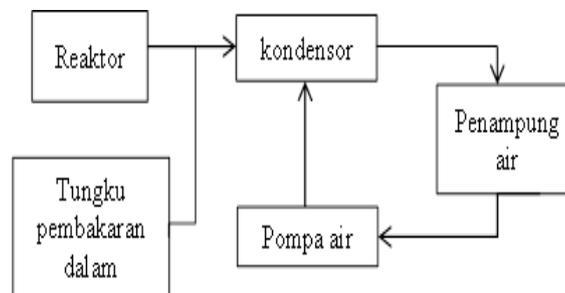
Tugas utama adalah membuat sebuah alat pirolisis dengan fungsi mendekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu padatan (*Char*), cairan dan gas. Pembuatan pirolisis ini juga diharapkan dapat dibuat dengan material yang sederhana agar bernilai ekonomis.

2.2 Perancangan Konseptual

Setelah penjabaran tugas perancangan jelas dibuat selanjutnya dilakukan perancangan konseptual dengan membuat beberapa skema varian yang sesuai dengan tujuan dari tugas perancangannya.

Beberapa skema varian yang mungkin dibuat adalah :

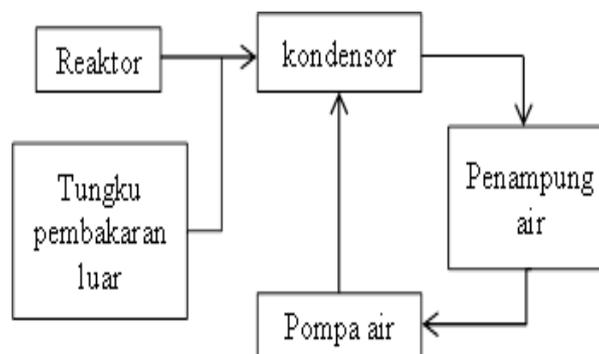
Varian 1



Gambar 1. Skema varian 1

Pada skema varian 1 ini sistem pemanas (reaktor) menggunakan tungku pembakaran, dimana bahan bakar yang digunakan dapat berupa kayu bakar, minyak maupun gas. Namun temperatur proses pyrolisis tidak dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

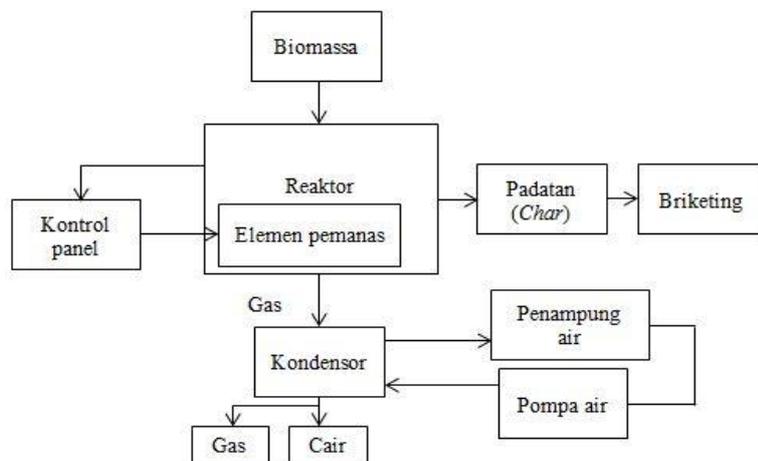
Varian 2



Gambar 2. Skema varian 2

Skema pada varian 2 menggunakan tungku pembakaran luar. Namun dengan sistem ini temperatur proses pyrolisis tidak dapat diatur sesuai kebutuhan.

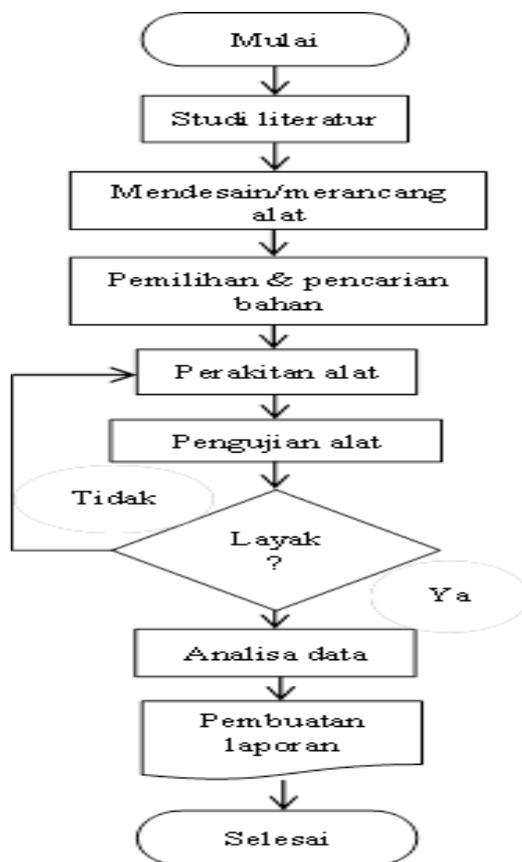
Varian 3



Gambar 3. Skema varian 3

Pada skema varian 3 yang menggunakan elemen pemanas berupa kawat nikelin berbentuk spiral yang dililitkan melingkar pada wadah reaktor dan dialiri arus listrik, kemudian disertai termokopel untuk mengatur suhu reaktor. Dengan rancangan varian 3 maka pengaturan temperatur proses ini menjadi lebih mudah dilakukan.

2.3 Perancangan Wujud



Gambar 4. Diagram alir perancangan

Proses perancangan wujud alat dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Proses perancangan wujud dimulai dari pemilihan bahan pada bagian-bagian alat utama antara lain :

1. Bahan Reaktor

Sehubungan dengan temperatur yang cukup tinggi serta perubahan komposisi kimia pada saat dekomposisi bahan baku, maka material pemanas (reaktor) terbuat dari bahan stainless steel, karena tahan temperatur tinggi serta tidak mudah terkorosi.

2. Kondensor

Material untuk kondensor gas hasil pyrolisis adalah stainless steel dengan jenis *surface condensor* tipe *vertical condensor*, karena dapat dibuat dan dipasang dengan mudah .

3. Kawat Pemanas

Material kawat pemanas dipilih kawat nikelin dengan koefisien muai sebesar $23 \times 10^{-5} \text{ m}^{\circ}\text{C}$ yang merupakan bahan dengan resistivitas tinggi [A. A. Ngr Dharma Putra, dkk, 2009]

4. Pompa

Mengingat kapasitas pompa yang diperlukan untuk mengalirkan air pendingin pada sistem kondensor yang cukup kecil maka digunakan pompa aquarium jenis P3900 dengan spesifikasi 220/240 volt, 50 Hz, 43 watt, Hmax 2,5 M, Fmax 2800 L/h

5. Regulator listrik

Regulator/stabilizer adalah alat penstabil tegangan listrik untuk menjaga agar sistem pemanas tidak cepat rusak.

Setelah pemilihan bahan dilakukan desain prototype dengan menggunakan perangkat lunak. Dalam hal ini dilakukan dengan menggunakan *software solidwork*.

- Desain Reaktor



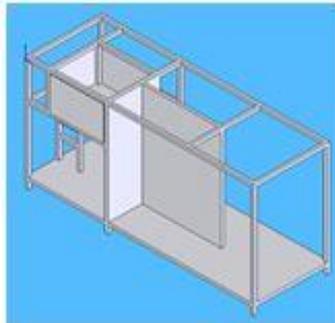
Gambar 5. Desain pemanas

- Desain Kondensor



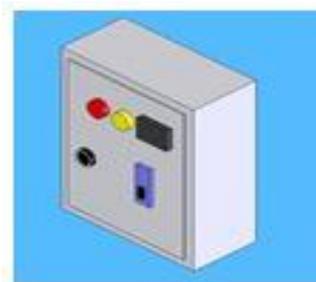
Gambar 6. Desain kondensor

- Desain Kerangka



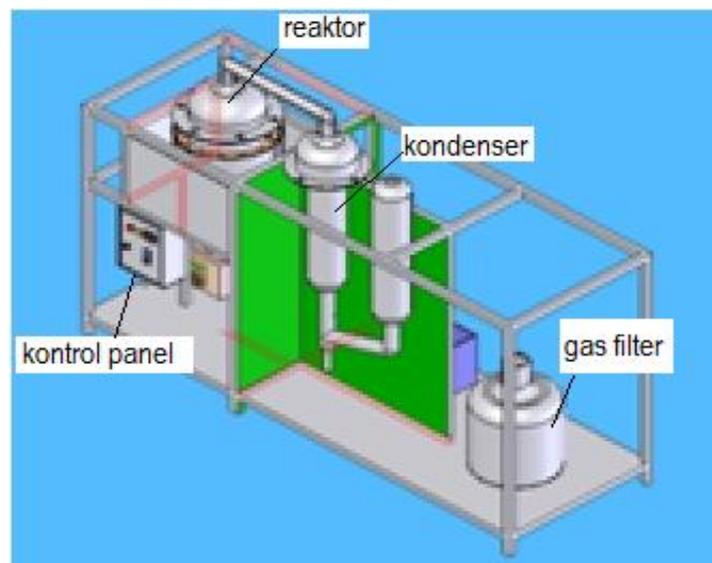
Gambar 7. Desain rangka pirolisis

- Desain Kontrol panel



Gambar 8. Kontrol panel

- Desain Keseluruhan



Gambar 9. Skema keseluruhan alat pyrolisis

2.4 Pembuatan Alat Pirolisis

Setelah pemilihan beberapa komponen yang sesuai dengan spesifikasi yang akan dibuat maka selanjutnya adalah merakit komponen tersebut menjadi satu bagian, akan tetapi sebelum merakit diperlukan komponen lain sebagai penunjang agar alat yang akan dibuat sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Ada beberapa tahap pembuatan yang dilakukan untuk membuat alat pirolisis ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

- Pembuatan pemanas

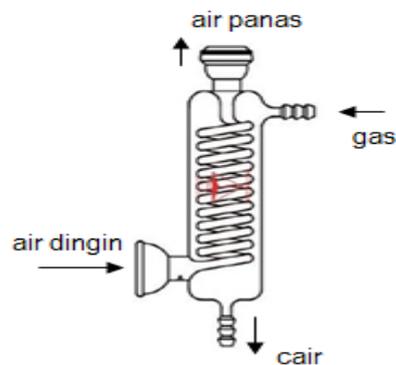
Bagian luar tabung diberi lapisan keramik yang bagian dalam (bersentuhan dengan tabung stainless steel) diberi alur melingkar sebagai alur penempatan kawat nikelin yang bertindak sebagai pemanas. Ikatan lapisan luar keramik dengan kawat agar kuat. Kemudian dilapisi potongan-potongan bata tahan api pada bagian terluar sebagai isolator panas. Dan terakhir melapisinya dengan bahan seng agar kuat



Gambar 10. Pemanas (Reaktor)

- Pembuatan kondensor

Kondensor digunakan untuk mengubah sebagian unsur-unsur gas hasil pyrolisis menjadi cairan. Bahan stainless steel digunakan dalam pembuatan kondensor karena tahan temperature tinggi dan tahan korosi. Jenis kondensor yang digunakan adalah *surface condensor tipe vertical condenser*



Gambar 11 Kondensor

- Hasil perakitan



Gambar 12. Alat Pyrolisis perakitan

Gas filter merupakan saringan gas buang hasil akhir pyrolisis setelah sebagian unsure di cairkan oleh kondensor agar aman dibuang ke udara bebas.

2. UJI PERFORMA ALAT.

Pengujian alat pirolisis ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Bahan baku yang digunakan limbah tempurung kelapa sawit. Pengujian dilakukan dengan variasi waktu pirolisis 1; 1,5 dan 2 jam dan temperatur pirolisis mulai dari 250, 300, 350 dan 400 0C dengan laju pemanasan rata-rata 4,15 0C/menit.

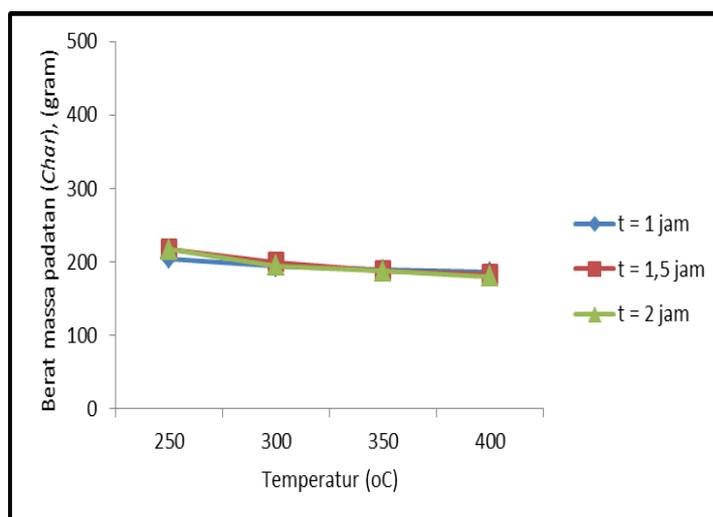
2.1 Data Hasil Pengujian

Jumlah bahan baku awal 500 gram tempurung kelapa sawit dilakukan pengujian dengan memvariasikan temperatur pemanas pirolisis kemudian padatan yang dihasilkan setelah 1 ; 1,5 dan 2 jam proses pirolisis ditimbang. Data padatan (*Char*) yang didapat dimuat dalam tabel 1.

Tabel 1. Massa padatan (*Char*) hasil proses pirolisis.

Waktu	Temperatur 0C			
	250	300	350	400
1 Jam	204,56	193,55	188,78	185,82
1,5 Jam	217,87	199,53	188	182,88
2 Jam	216,37	194,6	186,85	180,04

Data di atas dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 13. Pengaruh temperatur pirolisis terhadap massa padatan (*Char*)

Pengaruh temperatur terhadap massa padatan (*Char*) hasil pirolisis terlihat pada grafik diatas, dimana semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin sedikit massa padatan (*Char*) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur pada proses pirolisis akan disertai dengan penurunan massa padatan (*Char*) biomassa, kenaikan temperatur pirolisis mengakibatkan meningkatnya energi panas untuk mendekomposisi biomassa terutama kandungan zat mudah terbangnya (*volatilematter*) sehingga terjadi perubahan biomassa pada kondisi sebelum dan setelah pirolisis.

3.2 Nilai Kalor Padatan (*Char*) Yang Dihasilkan

Untuk mengetahui nilai kalor padatan (*Char*) yang dihasilkan dari alat pirolisis tersebut penulis menguji dengan menggunakan *Bom Calorimeter*. Pengujian dilakukan di laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta. Nilai kalor dimuat dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai kalor dengan waktu pyrolisis 1 jam

Temperatur °C	Nilai Kalor (kal/gr)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-rata
250	6790,712	7094,349	6942,531
300	6861,503	6917,243	6889,373
350	6808,980	7149,735	6979,358
400	6960,462	7180,208	7070,335

3. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian alat pirolisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Alat pirolisis ini layak digunakan untuk proses karbonisasi biomassa menjadi bahan baku pembuatan briket.
2. Semakin tinggi temperatur pirolisis yang diberikan maka produk padatan (*Char*) yang dihasilkan semakin sedikit.

Nilai kalor dari limbah tempurung kelapa sawit hasil pirolisis untuk proses temperatur 250-400 °C pada waktu 1 jam pirolisis dengan nilai 6942,531 kal/gr - 7070,335 kal/gr.

Daftar Pustaka

- Goyal, H.B., Seal, D., Saxena, R.C., 2006. "*Bio-Fuels from Thermochemical Conversion of Renewable Resources*": A Review. India Institute of S Petroleum. India.
- Serio, M., Wojtowicz, S. Charpenay, 2004, "Pyrolysis", Chapter in Encyclopedia of Energy Technology and The Enviromental, John Wiley & Sons, New York.
- A A Ngr Dharma Putra, I Gst Ag Gd Mega Perbawa, Putu Rusdi Ariawan, 2009, "Penghantar Bahan Listrik". Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Jimbaran-Bali.
- Diebold, J. P.1999. "*Overview of Fast Pyrolysis of biomassa for the Production of Liquid Fuel*", USA