



STUDI EKSPERIMENTAL PROSES PIROLISIS LIMBAH SISA PRODUKSI SANDAL DITINJAU TERHADAP LAJU PANAS DAN WAKTU

Pramoda Agung Sumadhijono, Junianto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: pramoda@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Limbah sandal spon dari industri rumah tangga mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi sumber energi alternatif terbarukan melalui proses pirolisis. Namun demikian, pemahaman mengenai karakteristik termal proses pirolisis dari limbah ini masih belum banyak diketahui. Dalam penelitian ini, dilakukan analisa temperatur dan waktu dari komponen-komponen tunggal limbah sisa produksi sandal yaitu berupa bahan karet busa (spons) Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh laju panas dan waktu terhadap massa limbah sandal yang terurai serta menghitung rendemen dari produk yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu pirolisis. Semakin lama waktu proses, maka hasil dari karbon arang akan semakin menurun. Tetapi jika waktu pirolisis cepat maka bahan tidak terproses secara sempurna. Begitu juga pada variasi suhu, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin kecil pula rendemennya. Tetapi karbon arang akan menjadi abu jika suhu telah mencapai lebih dari 275°C. Sedangkan pada suhu 225° sudah terdapat karbon tapi masih banyak bahan dalam bentuk cairan. Atas dasar besarnya rendemen yang terjadi, maka proses pirolisis limbah sisa produksi sandal harus ada pada suhu dan waktu yang tepat. Sehingga dapat menghasilkan karbon arang sesuai dengan yang diinginkan. Rendemen karbon arang yang dihasilkan dari eksperimen ini adalah antara 29,2 % - 48% dengan hasil rata-rata 40,16%.

Kata kunci: pirolisis, limbah sandal, karbon arang

PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil sisa dari sebuah proses yang tidak dapat digunakan kembali, apabila limbah ini terlalu banyak dilingkungan maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan berdampak pada kesehatan dari masyarakat sekitar. Limbah dibagi menjadi dua bagian sumber yaitu limbah yang bersumber domestik (limbah rumah tangga) dan limbah yang berasal dari non-domestik (pabrik, industri dan limbah pertanian). Bahan-bahan yang termasuk dari limbah harus memiliki karakteristik

diantaranya adalah mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif dan lain-lain.

Berdasarkan pantauan SURYA Online hujan deras yang mengguyur Sidoarjo selama dua hari ini membuat kawasan Waru kebanjiran, terutama didaerah yang lebih rendah dari aliran Kali Buntung. Selain hujan deras, banjir juga disebabkan meluapnya avoer Buntung dan tersumbatnya aliran air karena sampah home industri sandal. Akibatnya, Jalan Raya Kolonel Sugiono dan

Brigjen Katamsa terendam banjir. Bahkan sentra sandal Wedoro yang ada di jl. Kol Sugiono, selama dua hari ini masih terendam banjir dan air belum juga surut. Banyak motor yang melewati jembatan Wedoro harus terjebak banjir dan tidak sedikit motor yang mogok. "Jalan di sini sangat rendah dan air sungai meluap. Belum lagi sampah sandal dan sampah rumah tangga yang tersangkut di bawah Jembatan. Membuat air susah mengalir," ujar Isom Warga Wedoro. Lebih parah lagi, di depan SMP Buana Wedoro juga tidak luput dari banjir, hampir seluruh siswanya harus melepas sepatunya. Maklum air hampir setinggi lutut orang dewasa. "Ya banjirnya gak surut-surut dari kemarin. Sungainya meluap, sekarang di depan sekolah kami jadi langganan banjir," tukas Farida siswa SMP Buana kelas dua ini. Kurangnya kesadaran warga membuang sampah pada tempatnya dan seandainya membuang sampah bekas produksi sandal alias spon, juga sampah rumah tangga ke sungai membuat aliran sungai buntung meluap. "Air dari Kali Buntung meluap, derasnya hujan membuat sungai tidak bisa menampung air sehingga air mengalir ke jalan dan saluran air yang ada," imbuh isom. (SURYA Online, Rabu 19 februari 2014)

Sebuah pemikiran yang positif adalah bagaimana cara menangani melimpahnya limbah plastik tersebut secara tepat. Cara-cara konvensional semacam *landfilling* dan pembakaran (*incineration*) hanya akan menimbulkan polusi udara, kontaminasi tanah, serta mahalnya lahan dan biaya pembuangan (Lee, 2012). Kontaminasi di udara dapat terbentuk pada berbagai cara tergantung dari jenis perlakuan terhadap sampah. Pembakaran langsung akan menghasilkan kontaminan diantaranya abu terbang (*fly-ashes*), evaporasi bahan logam, senyawa dari gabungan *Chlorin (Cl)*, *Nitrogen (N)*, *Fosfor (F)* dan *Sulfur (S)* serta produk lain dari pembakaran yang tidak sempurna.

Konsep daur ulang limbah sandal selanjutnya merupakan metode yang kami pilih oleh karena saat ini limbah sandal merupakan bahan baku yang murah dan

melimpah. Pengolahan menjadi karbon arang dan asap cair sebagai bahan bakar cair merupakan salah satu cara yang menarik untuk menghasilkan sumber energi sekaligus meningkatkan kualitas penanganan limbah sandal tersebut. Teknik *recycle* yang populer dalam pengolahan limbah menjadi bahan bakar cair adalah dengan cara pirolisis. Pirolisis merupakan *chemical decomposition* dan *thermal decomposition* dari molekul pada kondisi tanpa oksigen yang menghasilkan *gas*, *tar* dan *char* (Sharobem, 2010).

Produk pirolisis plastik tidak hanya menghasilkan minyak, ada hasil lain yaitu berupa gas yang tak terkondensasi (*non-condensable gas*), beberapa persen endapan lunak (*wax*), dan sisanya adalah arang (*char*). Persentase dari masing-masing produk pirolisis tersebut tergantung oleh beberapa faktor diantaranya temperatur dari reaktor, penggunaan reformer dan jenis katalis.

Dalam proses pirolisis, seperti disebutkan pada uraian sebelumnya terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Variasi pada pengaturan temperatur reaktor dapat berpengaruh terhadap volume *char*, gas, dan bahan bakar cair yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur reaktor maka berakibat semakin banyak minyak yang dihasilkan dan sedikit *char*, tetapi jika temperatur terlalu tinggi maka minyak akan berkurang dan produk gas semakin meningkat. Sebaliknya persentase *char* dan padatan akan lebih banyak pada temperatur operasi reaktor yang lebih rendah. Begitu pula penggunaan katalis yang mempengaruhi karakter dari jenis-jenis senyawa yang terbentuk selama proses.

Aplikasi teknik pirolisis ini tentu saja tidak semata-mata ditujukan pada produksi bahan bakar cair yang lebih banyak, akan tetapi potensi yang terkandung pada hasil sampingan juga perlu mendapatkan perhatian. *Karbon arang* adalah hasil yang mudah diproses daripada produk yang berupa gas, meskipun merupakan jumlah yang sangat kecil akan tetapi memiliki potensi untuk diolah lebih lanjut menjadi sumber energi. Kandungan unsur kimia didalamnya sebagian besar adalah karbon (*solid carbon*) sehingga

sangat memungkinkan untuk mengolahnya ke dalam bentuk bahan bakar padat (briket).

PROSEDUR EKSPERIMEN

Perancangan Penelitian

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai bagian-bagian dari flowchart mengenai mekanisme atau prosedur penelitian, sehingga alur dari penelitian dan pembuatan prototype ini dapat dengan mudah dimengerti.

Permasalahan

Permasalahan pada perencanaan ini di dapatkan dari hasil pengamatan langsung ke lapangan yaitu bagaimana pengolahan limbah sisa produksi sandal industri kecil.

Studi Lapangan dan Literatur

a. Study lapangan

Dengan pengamatan dilapangan, penulis akan memperoleh informasi dan data-data yang akan diperlukan untuk menganalisa proses pengolahan limbah sisa produksi sandal

b. Study literatur

Peninjauan dan pengamatan yang di lakukan dengan persiapan landasan teori melalui buku-buku literatur dan jurnal/hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

Ide Penelitian

Ide penelitian ini berawal setelah melakukan kunjungan ke tempat pembuatan sandal yang didalam proses pembuatannya menghasilkan limbah sisa produksi yang berupa potongan karet busa (spona) di daerah Wedoro.

Penelitian Dan Perancangan

a) Pengambilan data awal

Pengambilan contoh limbah sisa produksi sandal dan dilakukan eksperimen pengolahannya.

b) Proses pengolahan sementara

1. Bersihkan spons dari bahan lain

2. Potong-potong spons dengan ukuran 2 – 3 cm
3. Proses pirolisis
4. Hasilkan karbon arang.

Proses perancangan mesin

Perancangan mesin dimulai dengan melakukan sketsa gambar atau prototype berdasarkan ide penelitian.

Pembuatan Prototype

Pembuatan prototype adalah merealisasikan mesin pengolah limbah sisa produksi sandal dengan melihat data atau hasil analisa yang diperoleh.

Pengujian Prototype

Setelah prototype selesai, maka dilakukan uji coba untuk membuktikan apakah alat ini benar-benar memberikan hasil yang diinginkan.

Kesimpulan

Kesimpulan di lakukan sebagai hasil akhir dari analisa dan pembuatan prototype yang telah di lakukan dan yang akan menerangkan tujuan dari perencanaan telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah Eksperimen

Langkah-langkah pada eksperimen kali ini adalah:

1. Persiapan bahan
 - a. Pisahkan bahan spons yang berwarna hitam
 - b. Potong bahan dengan gunting sebesar ± 1 cm.
 - c. Timbang material dengan timbangan digital sebanyak 250 gram.
2. Persiapan peralatan
 - a. Pasang kompor dengan LPG
 - b. Siapkan reaktor pirolisator
 - c. Pasang thermocouple pada reaktor
3. Pelaksanaan eksperimen
 - a. Masukkan bahan kedalam pirolisator
 - b. Pastikan termocouple dalam keadaan ON

- c. Nyalakan kompor yang bersamaan dengan stopwatch
- d. Atur suhu pirolisator sesuai dengan permintaan dan jaga agar tetap pada suhu yang diinginkan
- e. Tunggu hingga waktu yang telah ditentukan dengan tetap menjaga suhu tetap konstan
- f. Setelah suhu dan waktu sudah tercapai matikan kompor dan tunggu sampai dingin
- g. Ambil hasil karbon arang dan ditimbang
- h. Hitung hasil rendemen karbon arang

Data dan analisa hasil eksperimen

Pengaruh suhu dengan waktu konstan terhadap massa karbon arang

Dari eksperimen yang telah dilakukan, berikut adalah hasil massa (gram) karbon arang yang terjadi dengan berat awal bahan 250 gram.

1. Pada waktu konstan 30 menit
 - a. Suhu 225°C
Menghasilkan karbon arang 120 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{120 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 48%
 - b. Suhu 250°C
Menghasilkan karbon arang 108.5 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{108.5 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 43.4 %
 - c. Suhu 275°C
Menghasilkan karbon arang 95.4 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{95.4 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 38.2 %
2. Pada waktu konstan 45 menit
 - a. Suhu 225°C
Menghasilkan karbon arang 116.5 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{116.5 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 46,6%

- b. Suhu 250°C
Menghasilkan karbon arang 96 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{96 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 38.4%
 - c. Suhu 275°C
Menghasilkan karbon arang 95 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{95 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

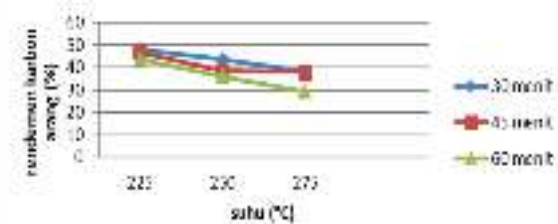
100% = 38%
3. Pada waktu konstan 60 menit
- a. Suhu 225°C
Menghasilkan karbon arang 109 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{109 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 43.6%
 - b. Suhu 250°C
Menghasilkan karbon arang 90 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{90 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 36%
 - c. Suhu 275°C
Menghasilkan karbon arang 73 gram
$$\text{rendemen (\%)} = \frac{73 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \quad \text{X}$$

100% = 29.2%

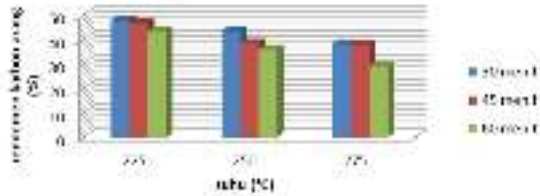
Berikut adalah grafik pengaruh suhu dengan waktu konstan terhadap rendemen karbon arang hasil dari eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4.1 pengaruh suhu dengan waktu konstan terhadap rendemen (%) karbon arang

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa rendemen karbon arang sangat dipengaruhi oleh suhu pirolisis. Pada suhu 225°C rendemen karbon arang yang dihasilkan lebih banyak jika Semakin tinggi suhu pirolisis, maka rendemen karbon arang akan semakin menurun. pada suhu yang tinggi lebih dari

275°C pirolisis juga sedikit menghasilkan karbon arang karena bahan limbah sandal akan menjadi abu jika waktu yang diberikan terlalu lama.



Gambar 4.3 pengaruh suhu dan waktu terhadap rendemen karbon arang

Berdasarkan hasil penelitian eksperimen pengaruh waktu dan suhu pada tabel 4.1, terlihat bahwa rendemen sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu pirolisis. Semakin lama waktu proses, maka hasil dari karbon arang akan semakin menurun. Tetapi jika waktu pirolisis cepat maka bahan tidak terproses secara sempurna. Begitu juga pada variasi suhu, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin kecil pula rendemennya. Tetapi karbon arang akan menjadi abu jika suhu telah mencapai lebih dari 275°C. Sedangkan pada suhu 225° sudah terdapat karbon tapi masih ada bahan baku belum terbentuk karbon arang secara sempurna .

Atas dasar besarnya rendemen yang terjadi, maka proses pirolisis limbah sisa produksi sandal harus ada pada suhu dan waktu yang tepat. Sehingga dapat menghasilkan karbon arang sesuai dengan yang diinginkan.

Proses Pirolisis

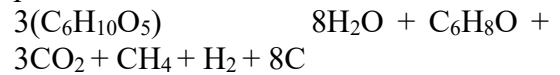
Pada suhu 200 °C pengeringan fisik disertai produksi uap air, jika yang dimasukkan bahan biomasa yang basah maka perlu disertakan atau dimasukkan *steam* (uap air panas) ke dalam reaktor, Pirolisis terjadi pada suhu 200 – 500 °C. struktur makromolekul pecah menjadi gas, komponen organik cair, karbon padat. Evolusi gas terjadi pada 500 – 1200 °C, produk hasil pirolisis diturunkan lebih lanjut, karbon padat dan produk organik cair menghasilkan gas

yang stabil. Hidrokarbon besar molekul besar dipecah

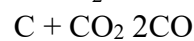
menjadi metana dan karbon padat.

Metana direaksikan dengan uap air dikonversi menjadi karbon monoksida dan hidrogen. Karbon padat direaksikan dengan uap air atau karbon dioksida dikonversi menjadi karbon monoksida dan hidrogen.

Reaksi kimia pirolisis peruraian selulosa pada biomasa.



Reaksi utama pirolisis yang terjadi pada fase evolusi gas dijabarkan sebagai berikut.



(Ullmann's, 2002)

Alasan penggunaan spons warna hitam pada studi eksperimental proses pirolisis limbah sisa produksi sandal kali ini karena pewarna pada spons eva warna hitam menggunakan karbon hitam (*carbon black*). Sedangkan pada warna selain hitam menggunakan pewarna tradisional atau pewarna anorganik seperti titanium dioksida untuk warna ungu, oksida besi untuk warna hijau kuning dan coklat, dan oksida kromium untuk warna biru-hijau, sehingga dapat dikatakan tidak terdapat black karbon arang untuk spons dengan warna selain hitam tapi karbon dengan warna lain.

Kemajuan terbaru dalam pengembangan polioli-terikat pewarna dijelaskan dalam Referensi 2,193-2,197. Sebuah tinjauan rinci teknologi pewarnaan untuk poliuretan adalah available.2.198. (ilalazir april 23, 2012 Bahan Tambahan Pada Busa Polyurethane)

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rendemen sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu pirolisis. Dari eksperimen pengolahan limbah sisa

- produksi sandal, suhu yang tepat antara 225°C dan waktu yang tepat 30 menit
2. Rendemen karbon arang yang dihasilkan dari eksperimen ini adalah antara 29,2 % - 48 % dengan hasil rata-rata 40,16 %
 3. Perpindahan panas yang terjadi pada suhu 225°C laju panas (q) = 0.2940 Watt, pada suhu 250°C laju panas (q) = 0.3234 Watt, pada suhu 275°C laju panas (q) = 0.3411 Watt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pula laju panas yang terjadi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat dijadikan saran penelitian sebagai berikut:

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal dan lebih spesifik dari karbon arang yang dihasilkan.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian pengaruh temperatur dan waktu pada kandungan karbon yang dihasilkan.
3. Perlu pengujian kandungan tar atau cairan dan kandungan gas dari proses eksperimen pengolahan limbah produksi sandal.

REFERENSI

Amran Japip, 2014, **Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄**, Universitas Sumatera Utara.

Aprian Ramadhan P., dan Munawar Ali, 2015, **Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolis**, Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya.

Edi Mulyadi, 2009, **Degradasi Sampah Kota (Rubbish) dengan Proses Pirolis**, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya.

Ismi Iufina, 2015, **Studi Pemanfaatan Minyak Karet (Hevea Brasiliensis) Sebagai Bahan Bakar Pada Kompor Rumah Tangga**, Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Universitas Brawijaya, Malang.

Mulyadi, E., 1989, **Pirolis Blotong Kering**, Makalah Seminar IPTEK

Trisunaryanti, W., dan Triyono, 2007, **Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z pada Reaksi Hidrorengka**.

Wijang Wisnu Rahardjo dan Dwi Aries Himawanto, 2013, **Karakteristik Proses Pirolis Tiga Jenis Limbah Pertanian**, Simposium Nasional RAPI XII, Fakultas Teknik UMS.