

PEMANFAATAN LIMBAH BAN BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PIROLISIS

Utilization of Used Tyre Waste Through Pyrolysis Technology

Asron F. Falaah dan Adi Cifriadi

Pusat Penelitian Karet, Jln. Salak No. 1 Bogor 16151, email: bptk@puslitkaret.co.id

Diterima tgl. 24 April 2012 / Disetujui tgl. 7 Agustus 2012

Abstrak

Pertumbuhan industri otomotif yang semakin pesat mengakibatkan peningkatan permintaan ban kendaraan, sehingga menyebabkan peningkatan jumlah limbah ban bekas. Oleh karena ban bekas sangat sulit terdegradasi oleh alam, maka diperlukan suatu teknik untuk mengatasi permasalahan ini. Salah satu cara untuk menangani limbah ban bekas adalah dengan mendegradasi secara thermal melalui proses pirolisis. Proses pirolisis adalah degradasi thermal suatu bahan dengan sedikit atau tanpa oksigen yang dilakukan pada temperatur tinggi sekitar 300^o–900^oC. Limbah ban bekas yang diperoleh dari proses proses penghalusan pada pabrik vulkanisir ban mengandung karet dan bahan kimia karet seperti: karet alam, karet sintesis, pengisi seperti *carbon black, sulfur, zinc oxide, processing oil, accelerators*. Produk dari proses pirolisis limbah ban bekas berupa fase padat, cair dan gas. Fase padat adalah berupa arang, sedangkan fase cair dan fase gas berupa minyak dan senyawa yang tidak terkondensasi. Produk cairan pirolisat dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi industri seperti industri pelarut, resin, lem, dan *dispersing agent* untuk pigmen warna. Produk padat berupa arang dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau dapat sebagai arang aktif yang digunakan dalam unit pemurnian air, sedangkan produk gas dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar pada proses pirolisis.

Kata kunci: limbah ban, proses pirolisis, pirolisis ban, karet

Abstract

The fast growth of automotive industry leads to increase tyre demand, causing the increase of used tyre waste. Due to its difficulty to degrade used tires naturally, so that a technology is needed to overcome such a problem. One way to handle used tires waste is by degrading them thermally through pyrolysis process. Pyrolysis process is a

process to degrade substances thermally with limited or without oxygen at high temperature of 300^o–900^oC. Used tires waste derived from buffing process at retreading tire factory contains rubber and rubber chemical compound like: natural rubber, synthetic rubber, filler such as carbon black, sulfur, zinc oxide, processing oil, accelerators, etc. Product from pyrolysis process of used tire waste can be in the form of solid, liquid and gas phases. The solid phase product is char, while the liquid and gas phases are oil, and other uncondensed products. Liquid pyrolysisat can be used as raw material in various industrial applications like solvent, resin, adhesive and dispersing agent for colour pigments. Solid product is char that can be used as solid fuel or activated carbon which can be used in water purification units, while gas product can be utilized as source of fuel in pyrolysis process.

Key words: tyre waste, pyrolysis process, tyre pyrolysis, rubber

Pendahuluan

Karet Alam merupakan komoditas unggulan perkebunan di Indonesia. Produksi tahun 2011 mencapai 2,64 juta ton, berasal dari luas lahan 3,45 juta hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011). Hasil karet alam di Indonesia diolah menjadi RSS (*Ribbed Smoked Sheet*), SIR (*Standard Indonesian Rubber*) 10, 20, 3L, 3 CV dan lateks pekat. Sebagian besar karet alam digunakan untuk bahan baku ban kendaraan pada Industri otomotif. Pertumbuhan Industri otomotif yang semakin berkembang pesat dari tahun ke tahun mengakibatkan peningkatan permintaan ban kendaraan sehingga produksi ban semakin meningkat pula.

Produksi ban domestik terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Dewan Karet Indonesia (2011) menginformasikan bahwa produksi ban mobil di Indonesia tahun 2011

mencapai 15,4 juta unit, lebih besar dibanding tahun 2009 dan 2010 yang mencapai 11 juta dan 14,4 juta unit. Peningkatan ini dipicu oleh produksi mobil nasional yang mencapai 837,9 ribu unit pada tahun 2011 dan jumlah ini lebih besar dibanding tahun 2009 dan 2010 yang mencapai angka 600,8 ribu dan 702,5 ribu unit.

Peningkatan produksi ban ini menyebabkan jumlah limbah ban bekas bertambah. Walaupun ban bekas dapat di vulkanisir ulang, namun sifat fisiknya tidaklah sama dengan ban baru. Khusus di negara maju limbah ban bekas merupakan masalah yang sangat lazim dan merupakan limbah padat yang berbahaya. Pembuangan ban bekas di *landfill* (tempat pembuangan) dapat menimbulkan masalah besar karena ban bekas yang dibuang akan memenuhi ruang di tempat pembuangan tersebut. Tumpukan limbah ban bekas dapat menjadi sarang nyamuk dan penyakit. Oleh karena itu, limbah ban menjadi masalah serius bagi lingkungan.

Ban bekas sangat sulit terdegradasi oleh alam (mikrobiologi) karena memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengurainya. Struktur molekul karet yang sudah tervulkanisasi pada ban yang merupakan struktur ikatan silang dan jaringan tiga dimensi (*network*) menyebabkan produk karet termasuk ban tidak dapat didaur ulang (*recycle*). Banyak cara telah dilakukan untuk mengolah limbah ban bekas, seperti dipotong-potong untuk dijadikan produk rumahtangga berupa kursi, penampung air, campuran aspal pelapis jalan atau dijadikan sebagai bahan bakar tambahan bagi batubara di pusat pembangkit listrik. Pemanfaatan ban bekas saat ini umumnya adalah dengan melakukan pembaharuan telapaknya, atau lebih dikenal sebagai vulkanisir. Namun pembaharuan biasanya terbatas hingga 2-3 kali, setelah itu ban bekas akan kembali menjadi limbah.

Salah satu cara dalam menangani limbah ban bekas yang memiliki nilai tambah adalah dengan mendegradasi secara thermal melalui proses pirolisis. Keunggulan dari proses pirolisis adalah tidak ada emisi dan dihasilkan produk gas cair dan padat yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

Pirolisis

Proses pirolisis telah lama dikenal dan penggunaannya untuk berbagai macam aplikasi telah banyak diteliti. Lebih dari 30 penelitian pirolisis ini telah dipatenkan dan sebagian hasil dari proses pirolisis telah dikomersialkan. Pada dasarnya proses pirolisis merupakan proses perusakan (*destructive*) pada suatu bahan dengan menggunakan panas (*thermal*). Pada proses pirolisis suatu bahan akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, cair dan padat. Perbedaan yang mendasar antara proses pirolisis dengan proses pembakaran adalah proses pirolisis berlangsung dalam keadaan tanpa oksigen atau minim oksigen, sedangkan proses pembakaran memerlukan oksigen agar bahan dapat terbakar sempurna. Dengan kata lain, proses pirolisis adalah degradasi thermal dengan sedikit atau tanpa oksigen (Wojtowicz, 1996).

Hasil proses pirolisis adalah senyawa hidrokarbon, sedangkan proses pembakaran sempurna akan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Proses Pirolisis dilakukan pada temperatur tinggi yaitu $300^\circ - 900^\circ\text{C}$. Secara garis besar tahap proses pirolisis berdasarkan perkembangan temperatur adalah sebagai berikut :

- Suhu sampai dengan 170°C , terjadi proses pengeringan dan destilasi.
- Suhu antara $170^\circ\text{C} - 270^\circ\text{C}$ terjadi proses dekomposisi kimia.
- Suhu antara $270^\circ\text{C} - 400^\circ\text{C}$ terjadi proses karbonisasi.
- Suhu antara $400^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ terjadi proses pirolisis
- Suhu antara $800^\circ\text{C} - 1000^\circ\text{C}$ terjadi proses gasifikasi

Proses pirolisis dilakukan dalam bejana atau reaktor yang terintegrasi dengan unit pemanas dan kondensor. Pemanas pada proses pirolisis menggunakan beberapa media pemanas. Mekanisme proses perpindahan panas (*heat transfer*) digunakan untuk mengalirkan panas ke dalam bejana dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah *hot preheated gases*, *hot preheated gases* dan

heated reactor walls, heated reactor walls, hot sand, preheated gas, dan hot sand (Diebold dan Bridgwater, 1999). Untuk skala bench (*Bench scale*) dapat menggunakan pemanas elektrik sedangkan untuk skala *pilot plant* dapat menggunakan bahan bakar solar atau propana.

Produk dari proses pirolisis yaitu fase padat, cair dan gas. Fase padat adalah berupa arang (*char*), fase cair berupa minyak (*oil*) dan fase gas berupa senyawa yang tidak terkondensasi (*pyro-gas*). Proses pirolisis secara konvensional dilakukan pada tekanan atmosferik, namun beberapa perkembangan menghasilkan teknologi pirolisis dalam bentuk *Vacuum Pyrolysis Technology, Atmospheric Inert Gas Pyrolysis, Molten Salt Pyrolysis Technology, Flash Pyrolysis, dan Thermal Plasma Pyrolysis Reactor* yang diharapkan mampu memproduksi gas sintetis untuk pengganti minyak bakar.

Pirolisis Limbah Ban Bekas

Proses pirolisis untuk mendapatkan produk cairan dari limbah ban bekas dapat dilakukan pada beberapa jenis reaktor pirolisis seperti *Fixed Bed Reactors, Fluidized-bed Pyrolysis Unit, Vacuum Pyrolysis Unit, Spouted Bed Reactor*. Komponen utama material umpan reaktor yang berupa limbah ban bekas terdiri dari karet alam, karet sintetis, *filler* (pengisi) seperti *carbon black, sulfur, zinc oxide, processing oil, accelerators* dan lain-lain. Umumnya ban bekas yang tidak terpakai didaur ulang dengan cara pembaharuan pada telapak ban, atau yang lebih dikenal dengan proses vulkanisir. Dalam proses vulkanisir ban bekas, hal pertama yang dilakukan adalah proses *buffing* (proses penghalusan) pada telapak ban dengan menggunakan mesin parut ban (*shredder*). Hasil dari proses *buffing* adalah berupa serbuk ban yang tidak bernilai lagi dan menjadi limbah padat. Limbah serbuk ban tersebut kemudian diproses dengan cara pirolisis.

Mekanisme dan kinetika pirolisis sangat penting dalam menentukan perancangan reaktor dan produk yang dihasilkan. Pada saat serbuk ban bekas dipanaskan dalam reaktor pirolisis, akan terjadi kenaikan temperatur

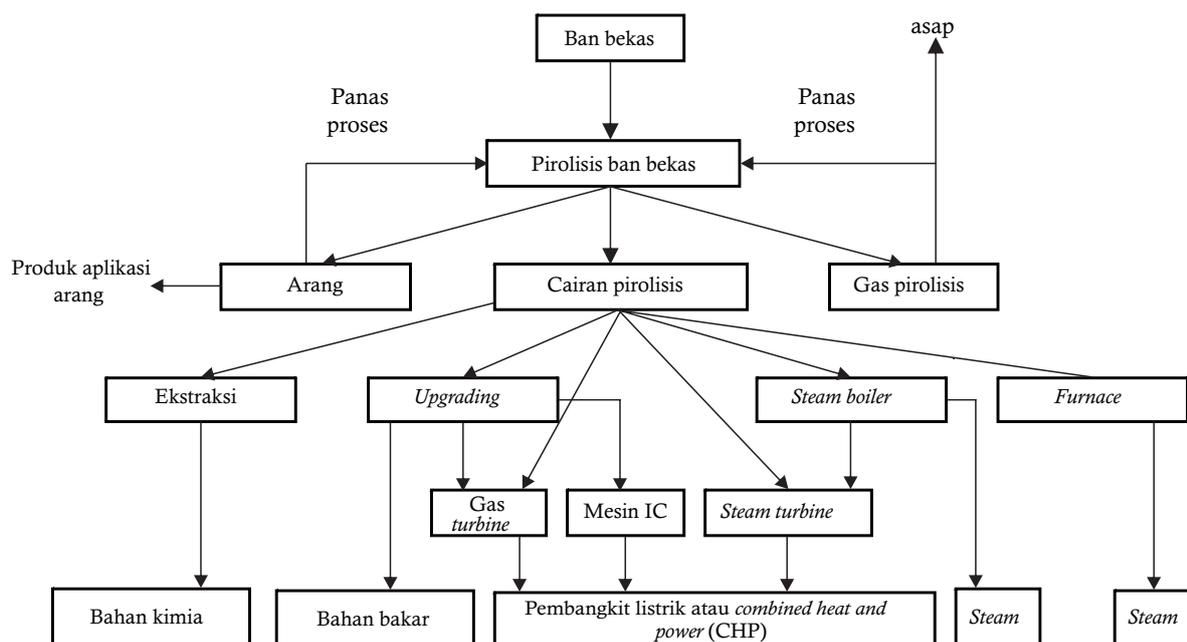
pada permukaan partikel. Terdapat dua tahap pirolisis yaitu Pirolisis Primer dan *Cracking* Sekunder. Uap yang pertama kali dihasilkan dari serbuk ban bekas terdiri dari beberapa macam senyawa hidrokarbon yang dapat bereaksi pada reaksi tahap dua. Kinetika proses pirolisis ban merupakan reaksi eksotermis dan penguapan endo-thermis pada produk pirolisis. Oleh karena pirolisis merupakan dekomposisi thermal pada polimer organik, empat mekanisme umum yang diidentifikasi adalah a) pemutusan acak rantai, b) pemutusan akhir rantai, c) pelucutan rantai, dan d) ikatan silang.

Wey, *et al.* (1995) melaporkan bahwa secara umum terdapat beberapa parameter pirolisis, yaitu temperatur, waktu tinggal dari uap pada zona reaksi, dan tekanan gas atmosferik. Pemutusan ikatan terjadi pada temperatur tinggi dan produk utamanya dapat diubah menjadi komponen yang kemungkinan mempunyai nilai jual tinggi. Pirolisis primer menghasilkan produk aromatis. Pirolisis tersebut menghasilkan *yield maximum* komponen aromatis pada suhu 700^o - 800^oC.

Aplikasi Produk Pirolisis Serbuk Ban Bekas

Pirolisis limbah ban bekas telah mendapat perhatian yang tinggi karena proses pirolisis ban bekas ini menghasilkan cairan (*oil*) yang mengandung campuran parafin, olefin dan komponen aromatik yang mempunyai nilai gross kalori tinggi (*high gross calorific value*) 41-44 MJ/kg. Cairan pirolisat menunjukkan adanya sumber senyawa *light aromatics* yang potensial seperti benzena, toluena dan silena. Cairan pirolisat juga mengandung monoterpena seperti limonena yang merupakan bahan baku untuk berbagai aplikasi Industri seperti industri pelarut, resin, lem, dan *dispersing agent* untuk pigmen warna. Karakteristik detail produk cairan pirolisis yang diperoleh dari kondisi operasi optimum dapat ditentukan dari hasil analisis sifat fisika, dasar, FT-IR, analisis *Gas Chromatography* (GC), *Hydrogen-Nuclear Magnetic Resonance* (H-NMR) dan distilasi.

Produk pirolisis fase gas mengandung konsentrasi tinggi gas metana, etana,



Gambar 1. Konversi dan aplikasi produk pirolisis ban bekas (Islam, *et al.*, 2010)

butadiena dan gas hidro karbon dengan *Gross Calorific Value* (GCV) sekitar 37 MJ/m^3 yang mampu untuk memenuhi kebutuhan energi untuk proses pirolisis. (Islam, *et al.*, 2010). Sedangkan hasil yang berupa fase padat adalah arang (*char*). Ukuran partikel arang yang terbentuk sangat tergantung dari ukuran umpan yang digunakan, pengurangan relatif arang oleh sistem reaktor pirolisis, dan mekanisme pembentukan arang (Bridgewater, 1999).

Produk padat yang berupa arang (*char*) dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau dapat dijadikan sebagai arang aktif (*activated carbon*) yang digunakan dalam unit pemurnian air (*water purification unit*) untuk mengurangi komponen organik terlarut dan toksik, dechlorination, unit pengolahan air minum daerah, pemurnian udara (*air purification*) untuk menghilangkan bahan anorganik dan organik volatil, penghilangan sulfur dalam gas, pengisi baterai dan lain-lain (Zabaniotou, 2003). Hasil penelitian Alam (2004) menunjukkan bahwa produk distilasi kering dari parutan ban yang berupa arang mempunyai nilai kalor diatas 7.000 kal/g (7.110 kal/g - 7.321 kal/g), termasuk baik

untuk bahan bakar, sehingga dapat digolongkan sebagai arang dengan kalor tinggi. Ilustrasi aplikasi produk hasil pirolisis limbah ban bekas disajikan pada Gambar 1.

Pemanfaatan lebih lanjut hasil pirolisis yang berupa pirolisat masih perlu dikaji, terutama pengembangan aplikasi produk serta teknologi proses pirolisis yang menghasilkan rendemen pirolisat yang tinggi dan lebih efisien pada tingkat energi yang digunakan.

Kesimpulan

Pirolisis merupakan rangkaian proses yang terdiri dari beberapa tahapan. Proses pirolisis dinilai sesuai untuk mendegradasi atau mengolah limbah ban bekas yang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pirolisis mempunyai keunggulan dibanding dengan proses pembakaran. Beberapa parameter yang perlu dipertimbangkan dalam proses pirolisis untuk mendapatkan hasil produk yang tinggi adalah temperatur, waktu tinggal dari uap pada zona reaksi, dan tekanan gas atmosferik. Produk pirolisis berupa cairan (*oil*), gas dan padatan (arang) telah banyak dimanfaatkan dalam industri, sebagai bahan bakar boiler, arang aktif, bahan kimia serta beberapa produk yang mempunyai nilai ekonomis.

Daftar Pustaka

- Alam, A. 2003. Hasil distilasi kering limbah proses pembaharuan telapak ban sebagai bahan bakar dan bahan kompon karet alam. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Bogor.
- Dewan Karet Indonesia 2011. Program percepatan hilirisasi usaha industri karet periode tahun 2012-2015. Dewan Karet Indonesia, Jakarta.
- Diebold, J. P. and A. V. Bridgwater. 1999. Overview of fast pyrolysis of biomass for the production of liquid fuel. Bridgwater (Ed). Fast pyrolysis of biomass: a handbook. CPL Press, Newbury.
- Islam, M. R., M. Parveen, H. Haniu, and M. R. I. Sarker. 2010. Innovation in pyrolysis technology for management of scrap tire: a solution of energy and environment. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 1, No. 1.
- Wey M. Y., S. Y. Wu, and C. H. Zhang. 1995. Autothermal pyrolysis of waste tire. Journal of the Air and the Waste Management Association, 45 (11).
- Wojtowicz, M. A. and M. A. Serio. 1996. Pyrolysis of scrap tires: can it be profitable. Chemtech, October 1996.
- Yang Y., J. Chen and G. Zhao. 2000. Technical advance on the pyrolysis of used tires in China. China-Japan International Academic Symposium Enviromental Problem in Chinese Iron Steelmaking Industries and Effective Technology Transfer, 6 March 2000, Sendai.
- Zabaniotou, A. A. and G. Stravropoulus. 2003. Pyrolysis of used automobile tires and residual char utilization. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 70.