

PENINGKATAN KUALITAS BAHAN BAKAR HASIL PIROLISIS LIMBAH BAN BEKAS DENGAN PENAMBAHAN KATALIS

Rouzzaq Galih Fathony¹, Trisma Jaya Saputra², Rany Puspita Dewi³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

E-mail: ¹rozaqgalih@gmail.com, ²trismajayasaputra@gmail.com,

³ranypuspita@untidar.ac.id

ABSTRAK

Limbah ban bekas merupakan masalah yang sangat lazim dan merupakan limbah padat yang berbahaya bagi lingkungan yang sulit terurai. Pada tahun 2014-2018, terjadi peningkatan kapasitas produksi untuk industri ban roda 4 sebesar 14,35% yaitu dari 76,78 juta unit menjadi 87,80 juta unit roda 2 sebesar 27,97% yaitu dari 63,89 juta unit menjadi 84,40 juta unit. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh penambahan katalis zeloit, katalis genteng tanah liat, dan katalis campuran pada proses pirolisis limbah ban bekas. Salah satu penanganan limbah padat terutama limbah ban bekas adalah dengan proses pirolisis. pirolisis dilakukan dengan jenis katalis yang bervariasi yaitu katalis zeloit, katalis genteng tanah liat, dan katalis campuran. proses pirolisis dilakukan sebanyak 12 kali dengan persentase 25%, 50%, 75% dan 100% pada tiap katalisnya kemudian dilakukan pengujian karakteristik yang meliputi massa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Hasilnya, katalis genteng tanah liat dengan kadar 50% merupakan katalis yang paling efektif digunakan untuk proses pirolisis karena menghasilkan minyak terbanyak yaitu 27% dengan karakteristik massa jenis 1,0174 kg/l, viskositas 1,55 dan nilai kalor 42,444 MJ/kg. Oleh karena itu, bahan bakar hasil pirolisis limbah ban bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan juga dapat diproduksi dalam skala besar.

Kata kunci: *ban, pirolisis, katalis, bahan bakar alternatif.*

ABSTRACT

Waste tire waste is a very common problem and is a hazardous solid waste for the environment that is difficult to decompose. In 2014-2018, there was an increase in production capacity for the 4-wheel tire industry by 14.35%, from 76.78 million units to 87.80 million 2-wheel units by 27.97%, from 63.89 million units to 84, 40 million units. The purpose of this research is to analyze the effect of adding zeloite catalyst, clay tile catalyst, and mixed catalyst on the pyrolysis process of used tire waste. One of the handling of solid waste, especially waste tires is the pyrolysis process. Pyrolysis was carried out with various types of catalysts, namely zeloite catalyst, clay tile catalyst, and mixed catalyst. The pyrolysis process was carried out 12 times with percentages of 25%, 50%, 75% and 100% on each catalyst and then carried out characteristic tests which included density, viscosity, and calorific value. As a result, clay tile catalyst with a concentration of 50% is the most effective catalyst used for the pyrolysis process because it produces the most oil, namely 27% with a density characteristic of 1.0174 kg/l, viscosity 1.55 and a heating value of 42.444 MJ/kg. Therefore, the fuel resulting from the pyrolysis of waste tires can be used as an alternative fuel and can also be produced on a large scale.

Keywords: *tires, pyrolysis, catalyst, alternative fuel.*

1. PENDAHULUAN

Krisis energi dan degradasi lingkungan adalah masalah utama yang dihadapi umat manusia saat ini (Islam et al., 2010). Di negara berkembang limbah ban bekas merupakan masalah yang sangat lazim dan merupakan limbah padat yang berbahaya bagi lingkungan (Supriyanto & Kristiawan, 2017). Salah satu contoh limbah padat yang terdapat di lingkungan kita adalah limbah dari ban bekas pakai (Mahmudi & Mukaromah, 2018). Pada tahun 2014-2018, terjadi peningkatan kapasitas produksi untuk industri ban roda 4 sebesar 14,35% yaitu dari 76,78 juta unit menjadi 87,80 juta unit roda 2 sebesar 27,97% yaitu dari 63,89 juta unit menjadi 84,40 juta unit (Kemenperin, 2019).

Selama ini ban bekas hanya dibuang begitu saja sehingga akan mencemari lingkungan saat ditimbun karena tidak dapat terdekomposisi dengan mudah (memerlukan puluhan bahkan ratusan tahun) tanpa adanya perlakuan khusus (Eldwita et al., 2020). Penanganan ban yang lain yaitu dengan membakar langsung di ruang yang terbuka. Hal ini akan menimbulkan permasalahan gas polutan hasil pembakaran (Rohmad et al., 2013). Beberapa alternative yang telah dilakukan yaitu dengan menggunakannya sebagai kerajinan seperti meja, kursi, tempat sampah serta kerajinan lainnya (Damanhuri, 2017).

Ban dalam kendaraan bermotor terbuat dari bahan baku utama berupa karet alam dan karet sintesis yang megandung polimer isoprena serta stirena, dan butadiene (Effendy et al., 2021), sehingga proses pengolahannya dengan cara “cracking” yang memerlukan suhu tinggi (Putra et al., 2016). Cara untuk menangani limbah ban bekas yang memiliki nilai tambah adalah

mendegradasi secara panas (thermal) melalui proses pirolisis dan juga Hidro cracking yaitu proses cracking dengan mereaksikan ban dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur tertentu dan tekanan hidrogen 3 – 10 Mpa. Keuntungan dari metode pirolisis untuk pembakaran ban bekas yaitu pirolisis beroperasi tanpa membutuhkan udara atau campuran hidrogen dan tidak membutuhkan tekanan tinggi seperti hidro cracking (Surono, 2013).

Proses pembakaran pirolisis terdapat beberapa fase yaitu fase pengeringan; terjadi pada suhu 200°C, fase pirolisis pada suhu 200°C-500°C, dan fase evolusi gas: terjadi pada suhu 500°C-200°C (Ridhuan et al., 2019). Pirolisis akan menghasilkan gas, yang kemudian mengembun sebagian, serta padatan yang tidak bereaksi lagi dan tersisa di dalam reaktor (Pratiwi & Dahani, 2015). Waktu proses pirolisis akan mempengaruhi jumlah hasil bahan bakar cair semakin lama waktu pirolisis akan semakin banyak pula katalis yang diperlukan. Semakin banyak katalis yang digunakan akan semakin banyak pula hasil bahan bakar cair (Arita et al., 2015).

Penelitian terdahulu yang berjudul “Pengaruh Katalis dan Temperatur Pada Produksi Bahan Bakar Dari Ban Bekas Dengan Metode Perengkahan Katalik” menggunakan ban bekas dari bengkel yang dicacah dalam ukuran 1 x 1 cm sebanyak 500 gram. Kemudian ban bekas yang sudah dicacah dimasukan kedalam reaktor serta ditambah katalis zeolit dan kemudian dipanaskan dengan temperatur sesuai variabel penelitian selama 3 jam. Analisis karakteristik bahan bakar cair yang digunakan adalah analisis densitas (ASTMD-1298), titik nyala (ASTM-93), dan viskositas (ASTM-D445). Dengan nilai

densitas 0,83204 - 0,85338 gram/cm³ diketahui bahwa temperatur dan katalis berpengaruh terhadap bahan bakar cair yang dihasilkan, semakin banyak jumlah katalis yang diberikan maka akan semakin tinggi densitasnya dan densitas tertinggi terdapat pada pada temperature 350°C.

Kemudian penelitian telah dilakukan terhadap karet ban bekas menggunakan genteng tanah liat sebagai katalis yang sebelumnya membuat modifikasi genteng tanah liat dengan cara pilarisasi nikel ke dalam pecahan genteng dan dikarakterisasi menggunakan X-ray Diffactometer (XRD). Pirolisis dilakukan terhadap limbah plastik polipropilena dengan berat 1,3 kg berasal dari air minum dalam kemasan. Sampah plastik dicuci dan dipotong-potong kecil kemudian dimasukkan ke dalam sistem reaktor pada suhu 450°C. uap air yang menjadi minyak ditampung kemudian di-reforming menggunakan katalis pecahan genteng tanah yang sudah disiapkan. Proses ini dilakukan pada suhu 400°C yang kemudian uap ditangkap oleh katalis dan dikondensasi kembali. Katalis pecahan genteng secara efektif mampu meningkatkan pemutusan ikatan rantai karbon menjadi fraksi C10-C12 sebesar 9,75%. Minyak hasil pirolisis mempunyai viskositas 0,723 cp dan densitas 754,64 kg/m³. Hasil pirolisis telah masuk dalam range standar bensin komersial pertamina sesuai keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 3674 K/24/DJM/2006 memiliki densitas (60oF) 715-80 kg/m³. Berdasarkan data yang ada diperoleh hasil bahwa pecahan genteng tanah liat dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam proses pirolisis plastik menjnadi bahan bakar (Syahputra et al., 2015).

Semakin banyak katalis yang diberikan maka bahan bakar akan semakin kental.

Nilai viskositas yang dihasilkan yaitu 3,41908 - 4,94414 cst dan titik nyala 62°C-76,7°C semakin tinggi titik nyala maka akan semakin mudah proses penyimpanan untuk bahan bakar. Penambahan katalis menyebabkan nilai titik nyala menjadi lebih kecil yang membuat bahan bakar menjadi lebih mudah untuk terbakar dan perambatan api lebih cepat dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa bahan bakar cair ini sesuai dengan SNI 8220:2017 untuk solar 48 (Eldwita et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan katalis zeolit, genteng tanah liat dan katalis campuran pada proses pirolisis terhadap hasil pirolisis limbah ban menjadi bahan bakar cair. Hasil minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis akan diuji dengan pengujian massa jenis, viskositas dan nilai kalor.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pirolisis

Pirolisis berasal dari bahasa Yunani *pyr* artinya api dan *lysis* artinya memisahkan. Pirolisis didefinisikan sebagai proses degradasi termal dari bahan padat pada kondisi udara atau oksigen terbatas. (Dumilah & Kholidah, 2019).

Ban

Ban merupakan bagian dari kendaraan yang berfungsi menyangga beban kendaraan, melindungi roda dan meredam getaran dari permukaan jalan. Ban yang berbahan dasar karet merupakan polimer sintesis polistirena yang tidak bisa didaur ulang dengan mudah sehingga harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak lingkungan. Ban memiliki sifat isolator, tahan air, tahan panas, serta tahan terhadap bahan kimia dan bakteri. Mikroorganisme membutuhkan waktu sekitar 100 tahun untuk mengurai material

pada ban (Budianto et al., 2021).

Katalis

Katalis merupakan suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tetapi tidak dikonsumsi oleh reaksi. Katalis digunakan secara luas baik di alam, laboratorium dan industri (Shriver and Atkins, 1999). Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan. Dengan adanya katalis maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat.

Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang memiliki struktur kristal alumina silika dengan unsur yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Zeolit memiliki fungsi sebagai katalis karena pada zeolit memiliki sifat asam pada permukaannya. Kation yang menetralkan muatan negatif dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dan dengan proses pemanasan akan terbentuk asam Bronsted. Asam Bronstad merupakan donor proton yang dapat meningkatkan aktivitas katalis zeolit. Berdasarkan asalnya zeolit dikelompokkan menjadi zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam merupakan suatu mineral yang terdapat di alam memiliki komposisi senyawa seperti Aluminium (Al), Silika (Si), dan logam alkali sebagai kation penyeimbang (Nuryoto et al., 2016).

Genteng Tanah Liat

Salah satu katalisator yang cukup baik adalah katalisator lempung. Lempung telah digunakan sebagai katalis untuk sejumlah reaksi organik dan anorganik dengan menawarkan beberapa keunggulan

dibandingkan asam klasik. Misalnya keasaman yang kuat, sifat tidak korosif, kondisi reaksi ringan, tinggi hasil, dan selektivitas serta kemudahan pengaturan dan bekerja maksimal. Katalisator menggunakan lempung dianggap sebagai katalis yang ramah lingkungan atau green catalyst. Lempung digunakan karena sifatnya yang ecofriendly ini tidak beracun, tidak korosif, ekonomis, dan dapat didaur ulang. Sehingga sangat efisien digunakan untuk berbagai reaksi organik (Syahputra et al., 2015).

Karakteristik bahan bakar

Karakteristik bahan bakar yang akan dipakai pada penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Karakteristik bahan bakar yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

1. Massa jenis

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah. Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama (Santoso, 2010).

2. Viskositas

Fluida yang mengalir melalui sebuah pipa dapat dipandang terdiri atas lapisan-lapisan tipis zat alir yang bergerak dengan

laju berbeda-beda sebagai akibat adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan poise. Viskositas juga bisa diartikan kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatu media tertentu. Salah satu cara untuk mengukur besarnya nilai viskositas zat cair adalah dengan menggunakan viskosimeter. Cara pengukuran dengan cara viskosimeter oswald adalah dengan cara membandingkan dua jenis fluida yaitu aquadest dengan zat cair lainnya, masing-masing dengan kekentalan η_a dan η_x , (Santoso, 2010).

3. Nilai kalor

Nilai kalor rendah (Low Heating Value) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C . Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (High Heating Value). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair (Santoso, 2010).

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mendapat data primer dari pengamatan secara langsung di lapangan. Metode ini dilakukan dengan menggunakan reaktor pirolisis dengan kapasitas 2 liter dan kondensor tipe tube and shell.

Variasi katalis pada proses pengujian menggunakan katalis zeolit, genteng tanah liat dan campuran antara keduanya. Pengujian yang dilakukan yaitu mengenai

waktu dan suhu pembakaran, dan karakteristik bahan bakar yang meliputi densitas (massa jenis), viskositas, dan nilai kalor. Diambil data suhu dan waktu pembakaran, serta karakteristik bahan bakar. Data-data tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu terhadap persentase elemen yang dihasilkan, dan juga untuk pembandingan minyak hasil pirolisis dengan beberapa bahan bakar yang sudah ada sebelumnya.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data kuantitatif dengan analisis statistik deskriptif, sehingga data disajikan dengan menggambarkan data yang sudah dikumpulkan, tanpa membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (generalisasi).

Dalam teknik ini akan memberikan deskripsi awal untuk setiap variabel penelitian. Sehingga pada penelitian ini hanya dipaparkan angka-angka hasil pengolahan instrumen data sehingga informasi yang disampaikan akan lebih mudah dipahami.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan pirolisis limbah ban bekas dilakukan untuk mengkaji pengaruh seri kadar katalis terhadap hasil pirolisis dengan melalui parameter viskositas, masa jenis dan nilai kalor. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan katalis zeolit, genteng tanah liat dan campuran keduanya. Pirolisis dilakukan pada suhu 300°C - 410°C dengan waktu pembakaran 0-120 menit dengan interval waktu pengukuran yaitu 10 menit. massa ban yang digunakan adalah 1000 gram. Percobaan menggunakan katalis dengan seri kadar 25%, 50%, 75% dan 100% yang ditambahkan dalam reaktor.

Pembakaran dengan katalis zeolit

Proses pirolisis dengan katalis zeolit parameter yang digunakan untuk proses pirolisis yaitu waktu, suhu, arang, tar, minyak, massa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Dari beberapa parameter tersebut, maka dihasilkan data sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian elemen dan karakteristik bahan bakar dengan katalis zeolit

Katalis	Elemen			Karakteristik Bahan Bakar		
	Arang	Tar	Minyak	Densitas	Viskositas	Nilai Kalor
25%	60%	17%	23%	1,0112	1,52	10159,096
50%	64%	11%	25%	1,0161	1,55	10188,456
75%	65%	12%	23%	1,0235	1,64	10254,987
100%	71%	11%	18%	1,0246	1,66	10234,545

Pembakaran dengan katalis genteng

Proses pirolisis dengan katalis genteng tanah liat parameter yang digunakan untuk proses pirolisis yaitu waktu, suhu, arang, tar, minyak, massa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Dari beberapa parameter tersebut, maka dihasilkan data sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian elemen dan karakteristik bahan bakar dengan katalis genteng tanah liat

Katalis	Elemen			Karakteristik Bahan Bakar		
	Arang	Tar	Minyak	Densitas	Viskositas	Nilai Kalor
25%	54%	23%	23%	1,0163	1,52	10097,376
50%	60%	13%	27%	1,0174	1,55	10137,634
75%	65%	9%	26%	1,0242	1,63	10257,743
100%	69%	12%	19%	1,0263	1,66	10323,157

Pembakaran dengan katalis campuran (zeolit dan genteng tanah liat)

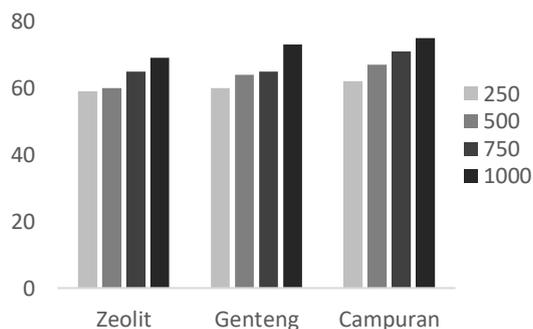
Parameter yang digunakan yaitu waktu, suhu, arang, tar, minyak, masa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Dari beberapa parameter tersebut, maka dihasilkan data sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian elemen dan karakteristik bahan bakar dengan katalis zeolit dan genteng tanah liat

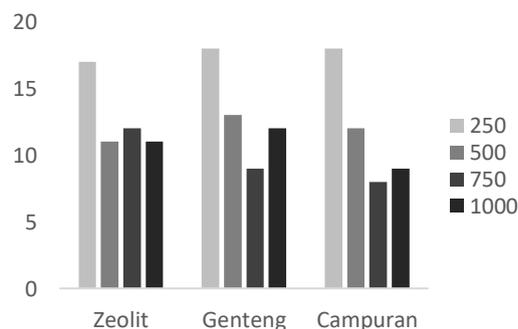
Katalis	Elemen			Karakteristik Bahan Bakar		
	Arang	Tar	Minyak	Densitas	Viskositas	Nilai Kalor
25%	67%	18%	20%	1,0061	1,49	10231,864
50%	71%	12%	19%	1,0065	1,52	10339,645
75%	75%	8%	21%	1,0072	1,51	10508,532
100%	67%	9%	16%	1,0079	1,54	10386,543

Elemen yang dihasilkan

Pembakaran pirolisis ban bekas dilakukan percobaan sebanyak 12 kali dengan menggunakan katalis zeolit, genteng tanah liat dan campuran antara keduanya didapatkan hasil elemen sebagai berikut:



Gambar 1. Persentase elemen arang yang dihasilkan

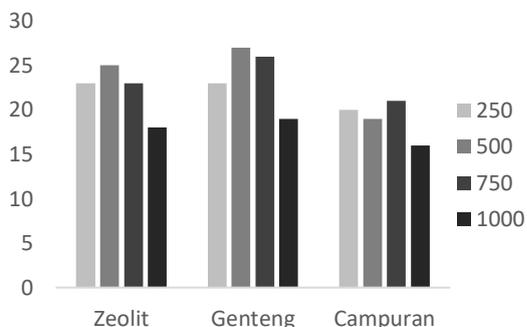


Gambar 2. Persentase elemen tar yang dihasilkan

Pada gambar diatas, dapat diketahui tar terbanyak dihasilkan pada proses pirolisis dengan kadar 25% pada tiap persentase katalisnya. Tar adalah kontaminan organik yang terbentuk selama proses pirolisis berlangsung. Jumlah dan komposisi tar yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis bahan bakar, kondisi proses pirolisis

dan reaksi fase gas sekunder.

Tar bercampur dengan bahan bakar cair yang dihasilkan dengan warna bening berbeda dengan bahan bakar pirolisis yang cenderung berwarna hitam.



Gambar 3. Persentase elemen minyak yang dihasilkan

Berdasarkan data diatas, dapat dikatakan bahwa pembakaran menggunakan katalis genteng tanah liat rata-rata menghasilkan elemen arang sebesar 63%, tar sebesar 14%, dan minyak sebesar 23%. Pada katalis zeolit elemen rata-rata yang dihasilkan sebesar arang 65%, tar sebesar 13%, dan minyak sebesar 22%. Kemudian untuk katalis campuran antara zeolit dan genteng tanah liat rata-rata menghasilkan arang sebesar 68%, tar sebesar 11%, dan minyak sebesar 21%. Berdasarkan data dapat juga diketahui untuk elemen arang paling banyak dihasilkan pada pembakaran menggunakan katalis campuran 1000 gram yaitu sebesar 75%, dan yang terkecil yaitu pada pembakaran menggunakan katalis genteng tanah liat yaitu sebesar 59%.

Untuk elemen tar paling banyak dihasilkan pada pembakaran menggunakan katalis genteng 250 gram dan campuran 250 gram yaitu sebesar 18%, dan yang terkecil pada pembakaran menggunakan katalis campuran yaitu sebesar 8%. Elemen minyak paling banyak dihasilkan pada pembakaran menggunakan katalis genteng 500 gram yaitu sebesar 75%, sedangkan untuk yang

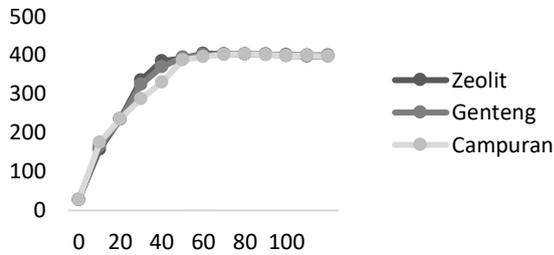
terkecil pada pembakaran menggunakan katalis campuran 1000 gram yaitu 16%. Pada proses pirolisis, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, volatile matters pada ban bekas akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan polyaromatic hydr^oCarbon.

Produk pirolisis umumnya terdiri dari gas (H₂, CO, CO₂, H₂O, dan CH₄), tar (pyrolitic oil), dan arang. Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda. Semakin tinggi temperatur setelah melewati temperatur puncak, reaktifitas dari char akan menurun. Sedangkan komponen waktu berpengaruh terhadap reaktifitas dari char (Iswadi, et al., 2017). Artinya penggunaan katalis yang berfungsi untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan suhu lebih cepat dapat dikatakan efektif dalam menurunkan reaktifitas char.

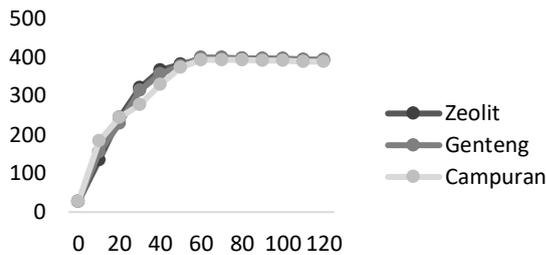
Ketika temperatur pirolisis rendah, maka akan dihasilkan banyak arang dan sedikit cairan (tar, minyak). Sebaliknya, apabila temperatur pirolisis tinggi maka arang yang dihasilkan sedikit tetapi banyak mengandung cairan. Tetapi penggunaan katalis yang terlalu banyak menyebabkan pembakaran yang terjadi tidak optimal hal ini di sebabkan karena produk gas yang melewati katalis mengalami depolimerisasi menjadi senyawa yang lebih sederhana yang menyebabkan fasa gas tidak dapat terkondensasi. Sehingga pada proses pirolisis dengan presentase katalis yang terlalu tinggi menghasilkan minyak yang lebih sedikit dibandingkan dengan pirolisis dengan katalis yang lebih rendah (Arahim et al., 2021).

Waktu dan Suhu

Berikut adalah data waktu dan suhu yang digunakan pada proses pirolisis Limbah ban bekas.

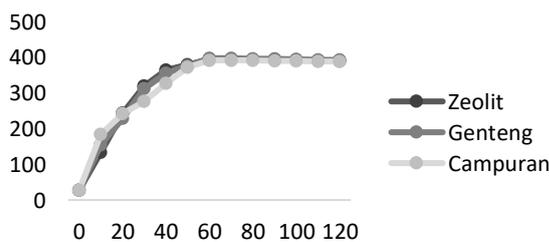


Gambar 4. Perbandingan waktu dan suhu katalis 25%

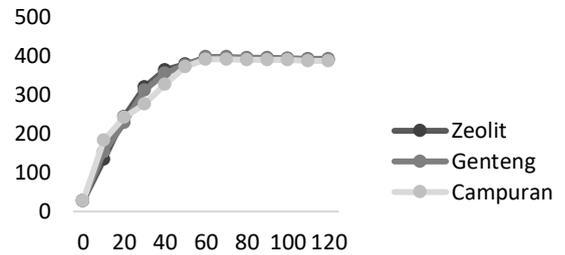


Gambar 5. Perbandingan waktu dan suhu katalis 50%

Berdasarkan gambar pada waktu 10 menit pertama terlihat perbedaan yang cukup signifikan. Pada pembakaran menggunakan katalis zeolit 25% kenaikan suhu sebesar 129°C, katalis genteng 25% sebesar 137°C dan katalis campuran 25% sebesar 147°C. Pada proses pembakaran ban bekas penambahan katalis juga berpengaruh terhadap suhu, semakin banyak katalis yang diberikan maka suhu akan semakin menurun dikarenakan pembakaran yang terjadi kurang sempurna.



Gambar 6. Perbandingan waktu dan suhu katalis 75%



Gambar 7. Perbandingan waktu dan suhu katalis 100%

Pada 10 menit pertama katalis zeolit 100% mengalami kenaikan suhu sebesar 85°C, katalis genteng 100% sebesar 98°C, dan katalis campuran 100% sebesar 101°C. Waktu yang diperlukan untuk terkondensasinya gas hasil pirolisis menjadi cairan menunjukkan bahwa penggunaan katalis dengan presentase 25% dan 50% lebih efektif. terbukti pada pembakaran katalis dengan presentase 25% suhu bisa mencapai 400°C sedangkan pada katalis 100% suhu maksimal yang dicapai sekitar 350°C.

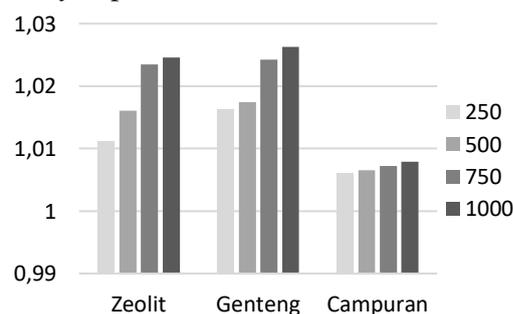
Dalam rentang waktu 0-120 menit, terlihat bahwa suhu dari tiap-tiap pembakaran berbeda walau dalam waktu yang sama. Waktu tersebut menjadi parameter untuk kenaikan suhu dari setiap pembakaran. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kenaikan terbesar terjadi pada rentang waktu 50-60 menit dan setelah itu suhu perlahan mulai turun. Suhu akhir tertinggi terdapat pada pembakaran dengan menggunakan katalis genteng tanah liat 25% yaitu 399°C. sementara untuk suhu terendah yaitu menggunakan katalis zeolit 100% yaitu 348°C. Namun, pada rentan waktu 60-120 menit, suhu yang dicapai relatif konstan, artinya ketika volume gas semakin kecil maka suhu dan tekanan akan konstan, ketika limbah ban di dalam reaktor pirolisis sudah mencapai titik suhu tertentu, maka volume

gas yang dihasilkan oleh alat pirolisis akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu, karena volume gas sudah banyak yang terkondensasi menjadi minyak cair.

Sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas dan jumlah limbah ban yang digunakan untuk proses pirolisis mempengaruhi volume gas yang dihasilkan. Sehingga semakin banyak ban yang digunakan maka volume gas yang dihasilkan lebih banyak dan juga menghasilkan jumlah minyak yang lebih banyak pula. Hal ini sesuai dengan hukum gas ideal jika suhu dan tekanan dijaga konstan, maka volume gas berbanding lurus dengan jumlah molekul gas (Tschoegl, 2000). Suhu memberikan pengaruh terhadap komposisi produk hasil pirolisis. Semakin tinggi suhu pirolisis maka akan diperoleh produk arang yang semakin menurun. Setelah mencapai suhu tertinggi pirolisis mengalami suhu yang konstan setelah itu cenderung mengalami penurunan dikarenakan ban bekas yang ada didalam reaktor sudah mulai habis terbakar dan berubah menjadi arang (Ristianingsih, 2015).

Densitas

Berikut adalah data perhitungan densitas hasil minyak pirolisis ban bekas.



Gambar 8. Densitas

Data tersebut diperoleh melalui perhitungan:

a. Genteng 250 g

$$\rho = \frac{0,0001,0174}{0,001} = 1,0163 \text{ kg/l}$$

b. Genteng 500 g

$$\rho = \frac{0,0001,0174}{0,001} = 1,0174 \text{ kg/l}$$

c. Genteng 750 g

$$\rho = \frac{0,00010242}{0,001} = 1,0242 \text{ kg/l}$$

d. Genteng 1000 g

$$\rho = \frac{0,00010263}{0,001} = 1,0263 \text{ kg/l}$$

e. Zeolit 250 g

$$\rho = \frac{0,00010112}{0,001} = 1,0112 \text{ kg/l}$$

f. Zeolit 500 g

$$\rho = \frac{0,00010161}{0,001} = 1,0161 \text{ kg/l}$$

g. Zeolit 750 g

$$\rho = \frac{0,00010235}{0,001} = 1,0235 \text{ kg/l}$$

h. Zeolit 1000 g

$$\rho = \frac{0,00010246}{0,001} = 1,0246 \text{ kg/l}$$

i. G+Z 250 g

$$\rho = \frac{0,00010061}{0,001} = 1,0061 \text{ kg/l}$$

j. G+Z 500 g

$$\rho = \frac{0,00010065}{0,001} = 1,0065 \text{ kg/l}$$

k. G+Z 750 g

$$\rho = \frac{0,00010072}{0,001} = 1,0072 \text{ kg/l}$$

l. G+Z 1000 g

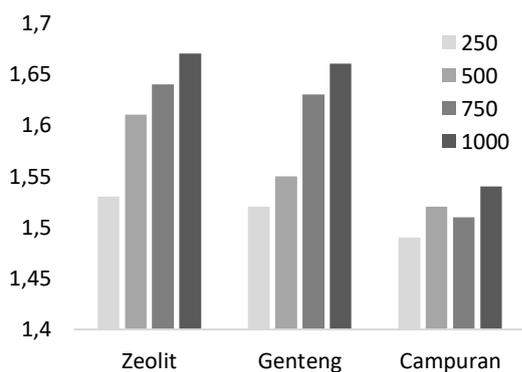
$$\rho = \frac{0,00010079}{0,001} = 1,0079 \text{ kg/l}$$

Dari data tersebut terlihat bahwa minyak dengan katalis genteng tanah liat dengan berat 1000 gram memiliki densitas paling tinggi yaitu 1,0263 kg/l dan densitas terendah yaitu pada campuran genteng dan zeolit 250 gram yaitu 1,0061 kg/l. Menggunakan katalis dengan kadar yang

lebih sedikit mempunyai massa jenis yang lebih rendah dibandingkan sampel minyak lain yang menggunakan katalis yang lebih banyak. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Semakin kecil densitas suatu bahan yang digunakan, semakin besar penyerapan air oleh bahan sehingga kekuatan bahan akan menurun (Kapasiang et al., 2017).

Viskositas

Berikut adalah data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan di laboratorium CV. Chem Mix Pratama, Bantul, Yogyakarta.



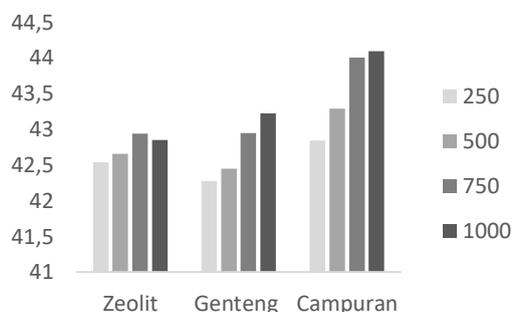
Gambar 9. Viskositas

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa terlihat adanya peningkatan viskositas bahan bakar cair seiring dengan penambahan jumlah katalis zeolit. Hasil pengukuran viskositas dari dua belas sampel tersebut memiliki nilai yang tidak beda nyata. Berdasarkan Tabel 4.10 tersebut diketahui bahwa nilai viskositas terbesar dicapai oleh katalis zeolit 1000 gram yaitu 1,67 cp sedangkan nilai viskositas terkecil adalah variasi katalis campuran genteng dan zeolit dengan viskositas 1,49 cp. Dari tabel dapat dilihat bahwa semakin banyak katalis yang digunakan maka semakin tinggi nilai kekentalan produk yang dihasilkan, kekentalan ini dikarenakan tertutupnya pori-pori katalis akibat penggunaan katalis

berlebih. Kekentalan viskositas juga dipengaruhi oleh nilai densitas, semakin tinggi nilai densitas maka semakin tinggi nilai kekentalan produk yang dihasilkan dimana penggunaan katalis pada proses pirolisis menghasilkan fraksi ringan setara gasoline (Effendy et al., 2021).

Nilai kalor

Berikut adalah data nilai kalor hasil minyak pirolisis limbah ban, yang didapat melalui pengujian nilai kalor menggunakan alat bom kalorimeter di laboratorium CV. Chem Mix Pratama, Bantul, Yogyakarta. Nilai kalor yang di dapat berdasarkan pengujian menunjukkan bahwa untuk minyak hasil pirolisis ban bekas dengan menggunakan katalis 250 gram mempunyai nilai kalor yang paling rendah. Data yang kami peroleh adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 10. Nilai kalor

Sementara untuk yang menggunakan katalis campuran genteng dan zeolit 750 gram mempunyai nilai kalor yang paling tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa menggunakan katalis dapat meningkatkan nilai kalor, dan juga jenis katalis dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai kalor yang diperoleh. Nilai kalor juga akan berpengaruh pada laju pembakaran, semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka semakin lambat laju pembakaran pada proses pembakaran (Tirono, 2011).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian uji karakteristik minyak hasil pirolisis limbah ban bekas dengan memvariasikan jenis katalis yang berbeda, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Katalis zeolit dengan kadar 50% menghasilkan minyak terbanyak yaitu 25% dengan karakteristik massa jenis 1,0161 kg/l, viskositas 1,61 dan nilai kalor 42,657 MJ/kg.
2. Katalis genteng tanah liat dengan kadar 50% menghasilkan minyak terbanyak yaitu 27% dengan karakteristik massa jenis 1,0174 kg/l, viskositas 1,55 dan nilai kalor 42,444 MJ/kg.
3. Untuk katalis campuran dengan kadar 75% menghasilkan minyak terbanyak yaitu 21% dengan karakteristik massa jenis 1,072 kg/l, viskositas 1,51 dan nilai kalor 44,001 MJ/kg.
4. Hasil pengujian karakteristik bahan bakar hasil pirolisis limbah ban membuktikan bahwa adanya peningkatan kualitas seiring dengan ditambahkan bantuan katalis, tetapi peningkatan katalis menyebabkan minyak yang dihasilkan menurun.

Saran

Adapun saran yang diberikan sehubungan dengan penelitian mengenai pirolisis limbah ban adalah sebagai berikut:

1. Perlu mendesain ulang alat, dengan beberapa termometer tambahan untuk dipasang pada kondensor dan kompor serta efektifitas panjang pipa agar tidak terjadi kondensasi yang tidak sempurna untuk uap pembakaran.
2. Menambahkan selenoid valve agar tekanan gas dan nyala api kompor dapat menciptakan suhu yang konstan.

3. Melakukan pengujian cetane number untuk studi kelayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arahim, A. A., Widayat, & Hadiyanto. (2021). PENGARUH KATALIS GENTENG TANAH LIAT DALAM PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR CAIR DARI LIMBAH BAN BEKAS DENGAN PROSES PIROLISIS. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 1(2), 51–58. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9909>
- Arita, S., Assalami, A., & Naibaho, D. I. (2015). Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 8–14.
- Budianto, A., Ningsih, E., Susanto, B. D., Syahrie, A. M., Tuhuloula, A., & Kusdarini, E. (2021). Pirolisis Sampah Ban Sepeda Motor dengan Katalis γ - ALUMINA menjadi Fuel. *SENASTITAN 1*, 266–274.
- Damanhuri. (2017). Pemberdayaan ekonomi kreatif karang taruna melalui kerajinan dari limbah ban bekas (upcycling). *Widya Laksana*, 6(2), 90–99.
- Dumilah, T. R., & Kholidah, N. (2019). Pengaruh Temperatur terhadap Hasil Pirolisis Limbah Ban menjadi Bahan Bakar Cair menggunakan Katalis Zeolit. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (Vol. 2, No. 1)*.
- Effendy, S., Rusnadi, I., Aina, N., Rossa, B., & Waltin, M. (2021). Unjuk Kerja Proses Pirolisis Katalitik Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Jumlah Katalis , Variasi Temperatur , Dan Waktu Operasi Performance of Tires Waste Catalytic Pyrolysis Into Fuel Oil Observed By the Number of Catalyst , Temper. *Jurnal*

- Kinetika, 12(01), 32–39.
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index%0Asumber>
- Eldwita, K., Lestari, S. D., A., S. E., & Fatria. (2020). Pengaruh Jumlah Katalis dan Temperatur pada Produksi Bahan Bakar Dari Ban Bekas Dengan Metode Perengkahan Katalik. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 19–25.
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index%0Amerupakan>
- Islam, M. R., Parveen, M., Haniu, H., & Sarker, M. R. I. (2010). Uso de llantas reciclaje. 1(1), 89–96.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 1(2), 1-9.
- Kapasiang, T., Bukit, M., Fisika, J., Sains, F., Teknik, D., & Cendana, U. N. (2017). MEKANIK BATU BATA ASAL TANAH MERAH KABUPATEN KUPANG. 2(2).
- Mahmudi, H., & Mukaromah, L. F. (2018). Pengaruh temperatur terhadap hasil proses pirolisis pada ban bekas pakai. *Jurnal Mesin Nusantara*, 1(1), 19–26.
<https://doi.org/10.29407/jmn.v1i1.12292>
- Nuryoto, N., Sulistyono, H., Sediawan, W. B., & Perdana, I. (2016). MODIFIKASIZEOLIT ALAM MORDENIT SEBAGAI KATALISATOR KETALISASI DAN ESTERIFIKASI. *Reaktor*, 16(2), 72-80.
- Pratiwi, R., & Dahani, W. (2015). PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT ALAM DALAM PIROLISIS LIMBAH PLASTIK JENIS HDPE MENJADI BAHAN BAKAR CAIR SETARA BENSIN. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1(1), 1–5.
- Putra, A. E. E., Rahman, M., & Aminy, A. Y. (2016). Produksi Bahan Bakar Ramah Lingkungan Melalui Proses Pirolisis Limbah Ban. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 20(2), 26–31.
<http://cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe/article/view/17>
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(1), 69–78.
<https://doi.org/10.24127/trb.v8i1.924>
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & KS, R. S. (2015). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi*, 4(2), 45-51.
- Rohmad, A., Sukanto, H., & Raharjo, W. W. (2013). Karakteristik Produk Ubin Dasar Plastik PP dan karet Ban Bekas dengan Metode Pressured Sintering. *Mekanika*, 11(2), 123-129. <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mekanika/article/download/138/131>
- Santoso, J. (2010). Uji sifat minyak pirolisis dan uji performansi kompor berbahan bakar minyak pirolisis dari sampah plastik. *UNS-F. Teknik Jur. Teknik Mesin-I.0406032-2010*
- Supriyanto, A., & Kristiawan, Y. Y. (2017). Pemanfaatan Limbah Ban Bekas Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Pirolisis. *Jurnal Teknik Atw*, 35–40.
- Surono, U. B. (2013). BERBAGAI METODE KONVERSI SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK. *Jurnal Teknik*,

- 3(21),3240.<http://jurnalteknik.janabadra.ac.id/wp-content/uploads/2014/03/05-Artikel-Untoro-Revisi.pdf>
- Syahputra, J. R. E., Utami, T., & Nugrahaningtyas, K. D. (2015). Pemanfaatan Limbah Pecahan Genteng sebagai Katalis dalam Reaksi Pirolisis Plastik Polipropilena Menjadi Bahan Bakar Alternatif Utilization of Roof-tile Fragments as a Catalyst in Pyrolysis Reaction of Polypropylene Plastics into Alternative Fuels. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 10(3), 127–134.
- Tirono, M., & Sabit, A. (2011). Efek suhu pada proses pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa (c°Conut shell charcoal). *Jurnal Neutrino*