

Pengaruh Rasio Katalis Pada Proses Gasifikasi Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Melalui *Catalytic Cracking* Dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam Yang Diaktivasi

Zalva Nabilla Ad Dieni, Elfrida Junita Marsauli BR Siregar, Yuono

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: yuono@itenas.ac.id

Received | Revised |

Accepted **ABSTRAK**

Pada proses gasifikasi limbah sekam padi menghasilkan produk samping berupa tar. Tar mengandung berbagai jenis hidrokarbon dan memiliki struktur yang mirip dengan struktur minyak bumi, maka dari itu tar memungkinkan untuk diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar melalui *cracking*. Untuk mengurangi energi aktivitas digunakan katalis untuk melakukan perengkahan (*cracking*). Katalis yang digunakan adalah zeolit alam yang diaktivasi secara asam. Proses *catalytic cracking* ini menggunakan reaktor berjeniskan *fixed bed*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan jumlah katalis yang digunakan untuk menghasilkan bahan bakar. Reaksi *cracking* dilakukan pada temperatur 600°C dengan lama waktu reaksi selama 30 menit. Dengan variasi jumlah katalis 0%, 10%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 75%, 80%, 90, 95% dan 100% dari massa umpan tar. Hasil analisis tar sekam padi menunjukkan adanya karbon sebesar 65,82% yang berpotensi menjadi bahan bakar. Aktivasi katalis zeolit dilakukan dengan asam HCl dan dilakukan analisis AAS menghasilkan nilai kandungan alumina sebesar 5,51 mg/kg dan kandungan silikat sebesar 34,50 mg/kg.

Kata Kunci: tar, catalytic cracking, zeolit alam, bahan bakar.

ABSTRACT

In the gasification process, rice husk waste produces a by-product in the form of tar. Tar contains various types of hydrocarbons and has a structure similar to that of petroleum, therefore tar allows it to be further processed into fuel through cracking. To reduce the activity energy, a catalyst is used for cracking. The catalyst used is natural zeolite which is activated by acid. This catalytic cracking process uses a fixed bed reactor. This research was conducted to determine the effect of temperature and the amount of catalyst used to produce fuel. The cracking reaction was carried out at temperatures of 600°C with a reaction time of 30 minutes. With variations in the amount of catalyst 0%, 10%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 75%, 80%, 90, 95% and 100% of the tar feed

mass. The results of the analysis of rice husk tar showed the presence of 65.82% carbon which has the potential to be used as fuel. Activation of the zeolite catalyst was carried out with HCl acid and AAS analysis was carried out to produce alumina content of 5.51 mg/kg and silicate content of 34.50 mg/kg.

Key Words: tar, catalytic cracking, natural zeolite, fuel.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Berbagai energi alternatif yang telah dikembangkan melalui pengolahan sumber daya alam yang dapat diperbarui. Pemanfaatan biomassa dapat menjadi solusi untuk berbagai masalah tersebut. Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif adalah sekam padi. Oleh karena itu limbah biomassa sekam padi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui menjadi bahan bakar dengan proses gasifikasi. Pada proses gasifikasi menghasilkan produk samping salah satunya adalah tar. Tar mengandung berbagai jenis hidrokarbon dan memiliki struktur yang mirip dengan struktur minyak bumi, maka dari itu tar memungkinkan untuk diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar melalui *catalytic cracking*.

Catalytic cracking adalah proses penguraian senyawa hidrokarbon dengan struktur molekul besar menjadi hidrokarbon dengan struktur molekul kecil dengan bantuan katalis. Katalis yang sering digunakan pada *catalytic cracking* yaitu zeolit alam, katalis zeolit alam pada proses cracking berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi.

Sebelum penelitian ini dilakukan, terlebih dahulu modifikasi terhadap katalis zeolit alam menjadi katalis cracking. Preparasi zeolit dilakukan diawali dengan ukuran zeolit alam dikeselir hingga ukuran 10/12 mesh. Zeolit dicuci dan direndam dalam aquades selama 24 jam pada temperatur kamar. Disaring dan endapan yang bersih dikeringkan pada temperatur 100°C. Selanjutnya dilakukan dealuminasi zeolit untuk menghilangkan alumina pada kandungan zeolit. Tahap dealuminasi diawali dengan zeolit dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi HCl 3 M dan didiamkan selama 2 jam. Zeolit yang telah didiamkan, dicuci dengan aquades sampai sisa HCl hilang (ditandai dengan sudah tidak terbentuknya endapan lagi). Zeolit disaring kemudian dikeringkan pada suhu 100°C sampai kering. Kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 600°C selama 2 jam.

Pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui tar sekam padi untuk menghasilkan bahan bakar, mengetahui proses aktivasi zeolit alam menjadi katalis cracking, mengidentifikasi pengaruh variasi rasio zeolit alam terhadap massa sekam padi pada kualitas dan kuantitas bahan bakar yang dihasilkan dan mengetahui karakteristik dari produk yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi %rasio zeolit alam. Dengan variasi rasio katalis 0%, 10%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 75%, 80%, 90, 95% dan 100% dari massa bahan baku. Proses ini dilakukan pada temperatur 600°C dengan lama waktu 30 menit setelah proses pirolisis selesai.

2. METODOLOGI

2.1 Pendekatan

Proses pembuatan bahan bakar berbahan baku biomassa sekam padi dengan metode *catalytic cracking* menggunakan *fixed bed reactor* yang dilakukan secara *batch*. Pada proses *catalytic cracking* ini digunakan katalis zeolit alam untuk membantu proses pembuatan bahan bakar. Proses *catalytic cracking* dilakukan dengan melakukan persiapan alat untuk cracking, preparasi zeolit alam, analisis proksimat dan ultimat, analisis *atomic absorption spectroscopy*, proses *catalytic cracking* dan analisis gas *chromatography* and mass spectroscopy.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan yaitu alat *cracking*. Bahan yang digunakan adalah sekam padi, zeolit alam.



Gambar 1 Skema Alat *Fixed Bed Reactor*

2.3 Prosedur Penelitian

Terdapat lima prosedur pada percobaan ini. Prosedur pertama adalah tahap persiapan bahan baku. Bahan baku yang digunakan berupa tar sekam padi dari hasil samping proses gasifikasi. Prosedur kedua adalah tahap aktivasi zeolit yang terdiri dari preparasi dan dealuminasi zeolit. Prosedur ketiga adalah tahap *catalytic cracking*, prosedur ini berisi tentang tahapan-tahapan dalam proses *catalytic cracking*. Prosedur keempat adalah tahap analisis, tahap ini berisi tentang proses analisis hasil produk. Sedangkan prosedur kelima adalah tahap akhir percobaan.

2.3.1 Pra Penelitian

Pada pra penelitian ini dilakukan proses gasifikasi menghasilkan produk samping berupa tar. Pada prosesnya dibutuhkan agen gasifikasi dengan variasi laju CO₂ sebesar 0,21 L/min. Pada pra penelitian gasifikasi ini tidak menggunakan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Setelah dilakukan beberapa percobaan didapatkan rata-rata hasil tar sebesar 1,770 gram. Oleh karena itu, dengan hasil tar tersebut dengan laju CO₂ sebesar 0,21 L/min berpotensi menghasilkan bahan bakar.

2.3.2 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku dilakukan untuk mendapatkan tar yang akan digunakan sebagai bahan baku yang didapat dari hasil samping proses gasifikasi sekam padi. Tahap persiapan bahan baku yang dilakukan sebagai berikut :

1. Biomassa sekam padi disiapkan
2. Pengolahan sekam padi pada gasifikasi
3. Hasil tar sekam padi didapatkan sebagai produk samping dari gasifikasi

2.3.3 Tahap Preparasi Zeolit

Tahap preparasi zeolit dilakukan untuk persiapan aktivasi zeolit. Tahap preparasi zeolit yang dilakukan diawali dengan ukuran zeolit alam dikecilkan hingga ukuran 10/12 mesh. Zeolit dicuci dan direndam dalam aquades selama 24 jam pada temperatur kamar. Disaring dan endapan yang bersih dikeringkan pada temperatur 100°C.

2.3.4 Tahap Aktivasi Zeolit

Tahap dealuminasi zeolit dilakukan untuk menghilangkan alumina pada kandungan zeolit. Tahap dealuminasi diawali dengan zeolit dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi HCl 3 M dan didiamkan selama 2 jam. Zeolit yang telah didiamkan, dicuci dengan aquades sampai sisa HCl hilang (ditandai dengan sudah tidak terbentuknya endapan lagi). Zeolit disaring kemudian dikeringkan pada suhu 100°C sampai kering. Kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 600°C selama 2 jam.

2.3.5 Tahap Catalytic Cracking

Tahap *catalytic cracking* dilakukan untuk melakukan percobaan dari setiap variasi jumlah katalis untuk memperoleh data dari hasil yang didapatkan. Tahap *catalytic cracking* yang dilakukan diawali dengan tar sekam padi ditimbang sebanyak 20 gram menggunakan neraca analitik. Termokopel pada *furnace* dipasang untuk mengetahui temperatur dalam reaktor. Saluran gas dipasangkan ke dalam *furnace* dan memastikan tidak ada kebocoran pada saluran udara masuk. Tar sekam padi dimasukkan ke dalam *furnace* lalu temperatur diatur sebesar 70°C selama 30 menit untuk proses pengeringan. Temperatur diatur sebesar 500°C selama 30 menit untuk proses pirolisis. Tahap *cracking* dilakukan pada temperatur 600°C selama 30 menit. Valve aliran masuk CO₂ diatur dengan pengukuran pada *bubble flow meter* sebesar 0,21 L/menit. Produk dilewatkan pada kondensor untuk memisahkan antara produk utama dan produk samping. Produk yang keluar dari pipa sambungan dipantikkan menggunakan bunsen hingga api menyala. Hasil dari producer gas dan produk samping diambil dan ditimbang. Hasil yang telah didapatkan dianalisa *Chromatography Gas*.

2.3.6 Tahap Akhir Percobaan

Tahap akhir percobaan dilakukan setelah dilakukan tahap persiapan bahan baku hingga tahap analisis. Tahap akhir percobaan yang dilakukan sebagai berikut :

Mematikan alat *fixed bed reactor* yang telah digunakan

Alat yang telah digunakan dibersihkan dan dirapikan sesuai pada tempatnya

2.3.7 Tahap Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan baku untuk menghasilkan bahan bakar. Dari data tersebut dapat mengetahui variasi temperatur dan jumlah katalis dari %wb tar yang lebih efektif untuk menghasilkan bahan bakar dalam proses *catalytic cracking*. Analisis yang dilakukan meliputi yield, densitas, API Gravity, viskositas, nilai kalor, dan komposisi dari produk yang dihasilkan.

Analisis yang dilakukan meliputi proksimat, ultimat, AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer), GC (Gas Chromatography). Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air (moisture), zat terbang (volatile matter), kadar abu (ash) serta karbon padat (fixed carbon). Analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada tar seperti C (Karbon), H (Hidrogen), O (Oksigen), N (Nitrogen), dan S (Sulfur). Analisis AAS dilakukan untuk mengetahui komposisi Si (Silica) dan Al (Alumina) pada katalis. Analisis GC dilakukan untuk mengetahui komposisi dari produk.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pra Penelitian

Pada pra penelitian gasifikasi menghasilkan produk samping berupa tar. Pada prosesnya dibutuhkan agen gasifikasi dengan variasi laju CO₂ sebesar 0,21 L/min. Pada pra penelitian gasifikasi ini tidak menggunakan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Setelah dilakukan beberapa percobaan didapatkan rata-rata hasil tar sebesar 1,770 gram. Oleh karena itu, dengan hasil tar tersebut dengan laju CO₂ sebesar 0,21 L/min berpotensi menghasilkan bahan bakar.

3.2 Persiapan Bahan Baku

Preparasi sekam padi dilakukan dengan cara dikeringkan dalam oven. Pengeringan ini berguna untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam sekam padi dan menekan aktivitas mikroorganisme. Kelembaban pada sekam padi dihilangkan dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu 70°C selama lima jam. Pemanasan dalam oven ini berfungsi untuk menghambat pertumbuhan mikroba dalam sekam padi. Dekomposisi akan terjadi apabila terdapat mikroorganisme pada sekam padi. Maka pemanasan tersebut dikatakan perlu guna untuk menjaga kualitas pada sekam padi. Jumlah air yang hilang ditunjukkan dengan ketika ditimbang berulang tidak adanya perubahan massa pada saat penimbangan sekam padi.

3.3 Karakteristik Bahan Baku

Untuk mengetahui karakteristik biomassa sekam padi digunakan metode pengujian secara analitis yaitu analisis Proksimat dan analisis Ultimat. Komposisi analisis proksimat dapat menentukan kadar air (*moisture*), *volatil*, *fixed carbon* dan kadar abu sedangkan analisis ultimat meliputi komponen berupa kenaikan C, H, N, O dan S. Sekam padi yang merupakan bahan baku dalam proses *catalys cracking* dianalisis dengan Proksimat dan Ultimat.

Tabel 1 Analisis Proksimat dan Ultimat dari Tar Sekam Padi

Analisis Proksimat (<i>Air Dry Basis</i>)	
<i>Moisture in air dried sample</i>	7,46%
<i>Ash</i>	12,36%
<i>Volatile matter</i>	41,28%
<i>Fixed carbon</i>	38,90%
Analisis Ultimat (<i>Air Dry Basis</i>)	
C	65,82%
H	5,19%
N	1,93%
O	14,56%
S	0,14%

Karakterisasi tar sekam padi didasarkan pada hasil analisis proksimat dan analisis ultimat. Ditunjukkan pada Tabel 4.1 terlihat bahwa kandungan *moisture in air dried* untuk sekam padi berkisar 7,46% sehingga dalam pemanfaatan tar sekam padi menjadi bahan bakar membutuhkan energi panas untuk mengeluarkan kandungan *moisture* tersebut. Komposisi terbesar berupa *volatile matter*, yaitu mencapai 41,28%. *Volatile matter* merupakan hasil dekomposisi penyederhanaan unsur pada saat proses pemanasan atau zat yang mudah menguap dan akan lepas pada saat proses pengeringan, terdiri dari flammable

gas seperti H_2 , CO dan non-flammable gas seperti CO_2 . Kandungan *fixed carbon* pada tar sekam padi mencapai 38,90%. Nilai dari fixed carbon ini tidak sama dengan kandungan total karbon pada analisis ultimat. Karena total karbon dalam analisis ultimat menunjukkan kandungan karbon pada bahan baku dalam kondisi normal sedangkan fixed carbon ditentukan berdasarkan bahan bakar yang telah dibakar pada suhu operasi atau karbon yang dihitung pada padatan yang sudah kehilangan *volatile matter*. Ash yang terkandung pada tar sekam padi merupakan bagian dari residu sisa proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon dan sudah tidak dapat terbakar.

3.4 Karakteristik Zeolit Alam

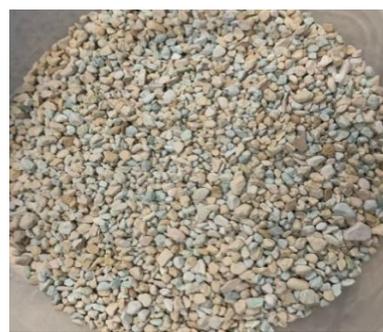
Pada penelitian ini menggunakan katalis zeolit alam untuk proses perengkahan tar sekam padi menjadi bahan bakar. Penggunaan zeolit alam dipilih karena zeolit mudah ditemukan dan lebih ekonomis. Selain itu zeolit alam ini mudah untuk dimodifikasi sesuai yang dibutuhkan. Zeolit alam pada proses perengkahan memiliki fungsi untuk menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi yang dibutuhkan zat pereaksi untuk berubah dan membentuk produk. Menurunkan energi aktivasi ini berguna agar lebih sedikit energi yang digunakan untuk membentuk suatu produk. Dimana dengan perlakuan yang sama pada temperatur yang berbeda akan menghasilkan produk yang sama.

3.4.1 Aktivasi Zeolit Alam

Aktivasi zeolit dapat memodifikasi karakteristik zeolit, seperti tingkat keasaman dan luas permukaan. Meningkatnya tingkat keasaman dan luas permukaan dapat meningkatkan aktivitas katalitik dari zeolit. Salah satu keunggulan dari zeolit adalah mempunyai tingkat keasaman dan luas permukaan yang dapat dimodifikasi dengan mudah sehingga mendapat hasil yang lebih maksimal dalam proses pemanfaatannya.

Pada penelitian ini aktivasi zeolit alam secara kimia dengan dealuminasi menggunakan asam. Aktivasi dengan menggunakan asam berguna untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada pada zeolit dan membuka pori-pori serta meningkatkan luas permukaan adsorben. Aktivasi akan melarutkan kandungan Al_2O_3 sehingga meningkatkan rasio Si/Al. Semakin banyak gugus SiO_2 maka akan meningkatkan gugus Si-OH pada permukaan adsorben, selain itu unsur Si^{3+}/Si^{2+} bisa memiliki daya serap hidrogen molekuler yang baik.

Pada aktivasi zeolit dengan asam terjadi perubahan warna pada larutan yang awalnya bening menjadi kuning kehijauan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara HCl dengan logam yang terdapat dalam zeolit. Dimana HCl akan berubah warna menjadi kuning kehijauan apabila terkontaminasi kandungan logam. Larutan HCl dicuci menggunakan aquadest sampai endapannya hilang untuk menghilangkan kandungan HCl. Lalu zeolit alam dipanaskan dan warna zeolit alam berubah menjadi kebiruan daripada zeolit alam sebelum diberi HCl dapat dilihat pada Gambar 1



(a) (b)
Gambar 2 Zeolit Sebelum (a) dan sesudah Dikalsinasi (b)

Selanjutnya aktivasi zeolit alam dilakukan dengan pemanasan (kalsinasi) pada suhu tinggi yaitu hingga 600°C selama 2 jam. Kalsinasi adalah Penggunaan asam pada proses dealuminasi mengakibatkan berubahnya sebagian struktur dari kerangka zeolit. Sehingga dilakukan proses kalsinasi untuk menstabilkan pori yang lebih besar, meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur- unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolit. Setelah proses kalsinasi zeolit alam terdapat dua warna yaitu berwarna biru dan kuning kecoklatan.

3.5 Karakteristik Produk

Pengujian karakter ini bertujuan mengetahui persamaan hasil dengan bahan bakar yang digunakan pada umumnya. Karakteristik yang diujikan antara lain adalah densitas, uji bakar dan aroma serta banyaknya produk yang dihasilkan. Karakteristik tersebut dipilih karena merupakan sifat fisik utama yang dimiliki oleh bahan bakar meskipun masih banyak yang harus diuji untuk pemakaian secara komersial. Karakteristik dari produk yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Karakteristik dari Produk

Ratio Zeolit	Massa Produk (gr)	Densitas Produk (gr/mL)	Uji Bakar	Warna
60%	2,256	0,851	Tidak Terbakar	Kuning
65%	2,950	0,868	Tidak Terbakar	Kuning
75%	1,463	0,813	Tidak Terbakar	Kuning

Karakteristik yang telah didapat akan dibandingkan dengan bahan bakar yang telah digunakan secara komersial. Bahan bakar yang digunakan sebagai perbandingan antara lain ada pertamax, pertalite, premium, solar dan biosolar. Karakter bahan bakar komersial tersebut dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Literatur Karakter Bahan Bakar Komersial
 (Sumber: Standar Bahan Bakar Pertamina)

Bahan	Densitas (gr/mL)	Uji Bakar	Warna
Pertamax	0,715 – 0,770	Dapat terbakar	Biru
Pertalite	0,715 – 0,770	Dapat terbakar	Hijau
Premium	0,715 – 0,770	Dapat terbakar	Kuning
Solar	0,815 – 0,870	Tidak mudah terbakar	Kuning
Biosolar	0,815 – 0,880	Tidak mudah terbakar	Kuning

3.5.1 Densitas

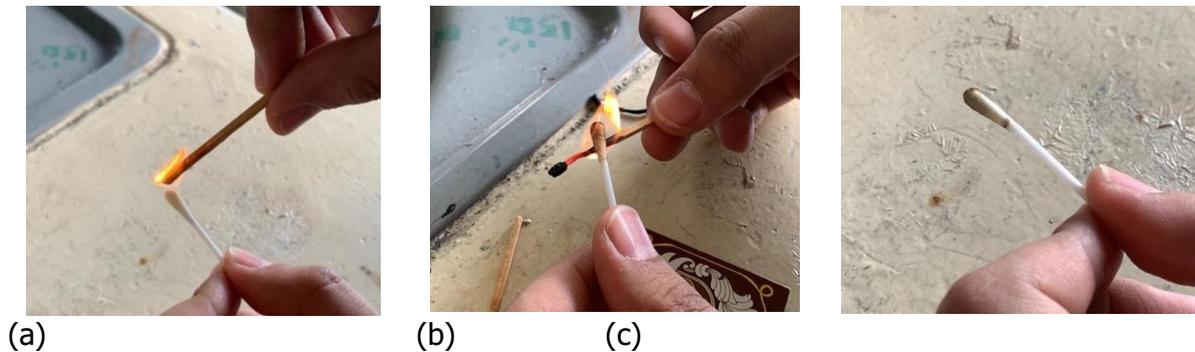
Densitas merupakan tingkat kerapatan suatu bahan bakar yang telah mengalami tekanan. Densitas didapatkan melalui perbandingan antara massa dan volume yang dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan ketika pembuatan bahan bakar. Nilai densitas pada bahan bakar berperan penting dalam penilaian bahan bakar. Uji densitas dilakukan sebagai indikator untuk mengindikasikan produk yang dihasilkan dengan bahan bakar yang umum digunakan. Adapun perbandingan nilai densitas dapat dilihat pada Tabel 3. Dapat dilihat bahwa terdapat nilai densitas rasio 60% dan 65% yang mengindikasikan solar karena nilai densitasnya masuk dalam toleransi standar nilai densitas bahan bakar solar yaitu antara 0,815 – 0,870.

Sifat fisik bahan bakar densitas berpengaruh terhadap karakteristik injeksi dari suatu bahan bakar tersebut. Sedangkan semakin panjang atau semakin pendeknya semprotan penetrasi bahan bakar dipengaruhi oleh angka densitas pada masing-masing bahan bakar. Apabila nilai densitas suatu bahan bakar tinggi maka akan menyebabkan bahan bakar memiliki semprotan penetrasi yang pendek, karena bahan bakar yang memiliki nilai densitas tinggi berarti kuantitas konsentrasi zat yang dimilikinya tinggi sehingga akan memiliki kerapatan yang tinggi. Tingginya kuantitas konsentrasi zat dan kerapatan yang dimiliki oleh bahan bakar akan menyebabkan bahan bakar tersebut sulit dialirkan dan menyebabkan semakin pendeknya semprotan penetrasi bahan bakar.

Bahan bakar dengan nilai densitas yang tinggi akan mengakibatkan bahan bakar sulit dialirkan maupun diinjeksikan sehingga ketersediaan bahan bakar ke ruang bakar menjadi sedikit sehingga pada saat terjadi pembakaran pada ruang bakar maka energi yang dihasilkan dari bahan bakar tersebut juga semakin kecil dan mengakibatkan turunnya daya yang dihasilkan oleh mesin. Densitas yang rendah akan mudah menguap dan mudah terbakar oleh mesin.

3.5.2 Uji Bakar

Uji bakar dilakukan untuk mengetahui kemampuan mampu bakar dari produk yang dihasilkan. Uji bakar dilakukan menggunakan kapas sebagai media. Sebelum dilakukan uji bakar, kapas berwarna putih seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada saat melakukan uji bakar, kapas dan api yang diumpankan hanya berkontak dapat dilihat pada Gambar 4.3. Setelah uji bakar kapas yang sudah di kontrakan dengan api menyebabkan perubahan warna menjadi warna hitam pada kapas yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 4.4. Jika hasilnya tidak terbakar maka dapat diketahui bahwa itu bukan dari turunan bensin tetapi turunan solar. Karena jika solar dibakar, maka hasilnya tidak dapat terbakar. Jika sifatnya seperti itu maka dapat diindikasikan bahwa produk yang dihasilkan itu adalah solar.



Gambar 3 Sebelum (a), ketika (b), Sesudah (c) Uji Bakar

Hasil uji bakar menggunakan kapas, terlihat pada gambar diatas tidak dapat terbakar hanya saja ada pengurangan massa pada kapas ketika sebelum dan sesudah dibakar. Dimana massa kapas sebelum dicelupkan kedalam produk sebesar 0,0093 gram, setelah dicelupkan massanya bertambah sebesar 0,142 gram, dan ketika dikontakkan dengan api massanya berkurang sebesar 0,104 gram. Hal itu menandakan adanya massa yang hilang akibat menguapnya produk karena api panas tetapi kapas tidak dapat terbakar.

3.5.3 Warna

Pada umumnya semakin banyak penggunaan katalis maka warna pada produk yang dihasilkan akan semakin jernih karena semakin sedikit tar yang terkandung pada produk. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 bahwa katalis yang digunakan dapat mempengaruhi warna pada produk yang dihasilkan. Semakin tinggi rasio katalis yang digunakan maka produk yang dihasilkan warnanya lebih jernih. Ini menunjukkan bahwa tar yang terkandung dalam produk yang dihasilkan semakin sedikit. Namun pada penggunaan rasio katalis 0% sampai dengan 50% warna dari produk yang dihasilkan lebih gelap dibandingkan warna produk rasio 65% sampai rasio 100%. Hal tersebut disebabkan oleh adanya senyawa tar yang masih ikut teruapkan pada saat proses dan tar yang terbawa dari dalam alat yang digunakan.



Gambar 4 Produk yang Dihasilkan

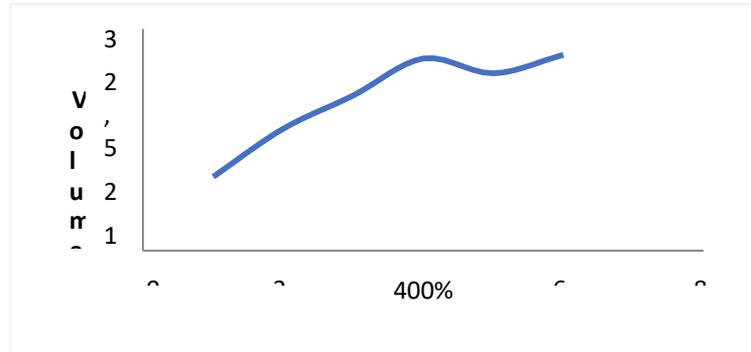
3.5.4 Banyak Produk

Rasio katalis yang digunakan adalah 0%, 10%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 75%, 80%, 90%, 95% dan 100% dari massa bahan baku sekam padi. Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa produk yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan massa pada rasio 0% sampai dengan 65%. Sedangkan pada rasio 75% sampai dengan 100% cenderung mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan katalis zeolit alam memiliki dampak terhadap produk yang dihasilkan. Ketika jumlah zeolit yang diberikan banyak, maka cracking yang terjadi bukan masuk ke fasa cair akan tetapi ke fasa gas. Hal tersebut dikarenakan jumlah pori-pori pada zeolit alam yang ada cukup untuk menampung semua tar untuk cracking atau mungkin bisa saja ada juga zeolit yang tidak terisikan oleh tar, maka ketika masuk ke layer pertama zeolit, tar pecah menjadi kecil masuk ke pori-pori zeolit selanjutnya begitu seterusnya hingga dapat terpecah menjadi bentuk gas.

Produk tertinggi diperoleh ketika penambahan katalis 65%. Namun, peningkatan produk tidak diikuti ketika penambahan katalis sebanyak 75%. Hal ini terjadi karena penggunaan katalis yang terlalu banyak dapat menyebabkan reaksi katalitik yang berlebihan sehingga mengakibatkan berkurangnya produk yang dihasilkan. Penggunaan katalis yang berlebihan juga dapat menyebabkan terbentuknya residu yang relatif banyak (Trisunaryanti, 2002).

Penambahan rasio katalis, produk yang dihasilkan cenderung menurun setelah rasio 75%. Hal tersebut dapat juga diakibatkan terjadi deaktivasi katalis akibat sintering (hilangnya permukaan aktif katalis karena pertumbuhan kristal) dan keracunan (tertutupnya inti aktif karena adsorpsi kimia yang kuat) (Nasikin dan Susanto, 2010).

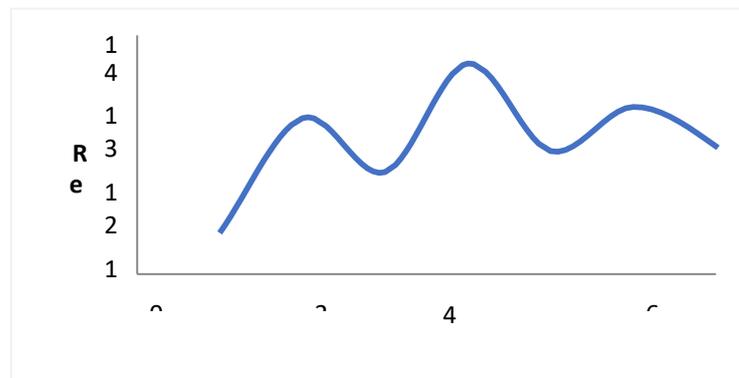
Dari data hasil percobaan dan grafik pengaruh rasio zeolit terhadap massa bahan bakar cair di atas, diperoleh bahwa volume produk bahan bakar cair paling banyak dihasilkan oleh % rasio zeolit 65% sebesar 3,4 mL.



Gambar 5 Pengaruh %Rasio Zeolit Terhadap Volume Produk

3.6 Residu

Pada proses pembuatan bahan bakar dari sekam padi ini dihasilkan perbedaan yang signifikan. Residu paling sedikit dihasilkan pada %rasio zeolit 0% dan 100%. Residu yang dihasilkan pada proses *cracking* ini disebabkan oleh kandungan karbon pada biomassa banyak dikonsumsi saat proses berlangsung. Sedangkan hasil residu paling banyak dihasilkan pada %rasio zeolite 40%. Besarnya nilai residu dikarenakan masih terdapat biomassa yang tidak terkonversi. Hal ini disebabkan tidak semua karbon pada biomassa terkonversi menjadi produk yang mengakibatkan kurang efektifnya proses *cracking*.



Gambar 6 Massa Sekam padi Terhadap Residu

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan variasi laju CO₂ terbaik sebesar 0,21 L/min pada proses gasifikasi dan didapatkan rata-rata hasil tar sebesar 1,770 gram. Uji proksimat dan ultimat tar sekam padi dapat diketahui kandungan karbon sebesar 65,82%, hidrogen 5,19%, nitrogen 1,93%, oksigen 14,56% dan sulfur 0,14%. Serta pada analisis proksimat dapat diketahui kandungan moisture sebesar 7,46%, ash 12,36%, volatile matter 41,28%, dan karbon tetap 38,90%. Kandungan karbon (C) yang ada pada tar sekam padi bisa berpotensi menjadi bahan bakar jika diolah. Karna kandungan karbon pada tar sekam padi cukup tinggi. Zeolit alam dapat dimodifikasi dengan proses aktivasi menggunakan asam HCl untuk meningkatkan kandungan Si, dan zeolit mengalami perubahan warna sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi, dari biru menjadi kuning kecoklatan. berdasarkan nilai densitas, warna, uji bakar dan volume produk yang dihasilkan, maka hasil produk yang berpotensi mendekati menjadi bahan bakar cair adalah pada variasi %rasio Zeolit 65% yakni bahan bakar cair solar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Ibu Dyah Setyo Pertiwi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala dan Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung, dan Bapak Yuono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan pada saat penelitian, dan dukungan kepada penulis. Kepada kedua orangtua dan teman-teman yang telah memberikan support dan bantuan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani. Lisa. 2020. *Analisis Efektivitas Katalis Fe/Zeorlit pada Cracking Minyak Jelantah dalam Pembuatan Biofuel*. Disadur:
<https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pendipa/article/view/9683>
- Amiruddin dan Trisunaryanti, T. 2002. *Preparasi dan Karakterisasi Katalis Logam Ni, Mo, Cr dan Modifikasinya Menggunakan Pengemban γ - Alumina untuk Hidrorengkah Fraksi Aspalten dan Aspal Buton*. [Thesis] Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Anggoro. Didi Dwi. 2015. *Preparasi dan karakterisasi katalis Co/Zeorlit Y dan Co-Mo/Zeorlit Y untuk konversi TAR batubara*. Disadur:
<http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/455>
- Apriansyah. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Katalis Nikel Molibdenum Berpenyangga Gamma Aluminium Oksida Untuk Hydrotreating Minyak Diesel*. Disadur:
<http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/81/jbptppolban-gdl-agungapria-4048-3-bab2-->

[6.pdf](#)

- Balitbang, 2008 - Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani
<https://www.litbang.pertanian.go.id/artikel/210/pdf/Sekam%20Padi%20Sebagai%20Sumber%20Energi%20Alternatif%20dalam%20Rumah%20Tangga%20Petani.pdf>
- Bmaster Aditama. 2021. *Fraksi-fraksi Minyak Bumi (LNG, LPG, Petroleum Eter, Bensin, Kerosin, Solar, Oli, Lilin, Aspal)*. Disadur: <https://www.nafiun.com/2013/04/fraksi-fraksi-minyak-bumi-lng-lpg-petroleum-bensin-kerosin-solar-oli-lilin-aspal.html>
- Cappenberg, Audri D. 2017. *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar, Biosolar dan Pertamina Dex Terhadap Prestasi Motor Diesel Silinder Tungga*. Disadur: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkem/article/view/6361/4603>
- Cundy CS & Cox PA. 2005. The Hydrothermal Synthesis of Zeolites: Precursors, Intermediates and Reaction Mechanism. *Microporous and Mesoporous Materials*. 82: 1-78
- D Sondari. 2002. *Pengaruh Metoda Preparasi Terhadap Aktivitasi Katalis Nikel Dengan Penyangga Titania*. Disadur: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/14944>
- Devita, Liza. 2015. *Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif*. Disadur: <https://www.polbangtanmedan.ac.id/pdf/Jurnal%202015/Vol%209%20No%202/04%20LIZA.pdf>
- Dewi Izza. (2015). *Bahan Bakar Cair dan Gas*. Slideshare.net. Disadur: <https://www.slideshare.net/dewiizza/uas-pbt>.
- Fadjarwaty, D., & Susanto, H. (n.d.). *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses, 4-5 Agustus 2010* Issn: 1411-4216 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang Pengukuran Kelarutan Toluene Dan Benzen Dalam Minyak Nabati Dengan Kolom Gelembung. Disadur: <https://core.ac.uk/download/pdf/11721801.pdf>.
- Farid. Hasuk. 2009. *BAB II Tinjauan Pustaka Bahan Bakar*. Disadur: <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/82/jbptppolban-gdl-faridhasuk-4059-3-bab2--9.pdf>
- Firman. 2016. *Pirolisis Biomassa Kayu Pinus (Wood Pine) Dengan Katalis Mo/Lempung Menjadi Bio-Oil*. Disadur: <https://media.neliti.com/media/publications/206197-pirolisis-biomassa-kayu-pinus-wood-pine.pdf>