

PEMBUATAN ASAP CAIR DARI AMPAS TEBU (*BAGASSE*) MENGUNAKAN METODE PIROLISIS KATALITIK

Sheren Adinda Wijanarko, Erika Wardani, Khalimatus Sa'diyah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

sheren809@gmail.com ; [khalimatus.s@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah dari proses pengolahan tebu menjadi gula yang tersedia dalam jumlah melimpah setiap tahunnya. Salah satu solusi untuk menangani limbah tersebut adalah dengan mengolahnya menjadi asap cair melalui proses pirolisis katalitik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan jenis katalis pada proses pirolisis katalitik terhadap kualitas (densitas, viskositas, pH, warna, bau dan kadar asam asetat) asap cair yang dihasilkan. Proses pembuatan asap cair dimulai dengan aktivasi katalisator menggunakan aktivator masing-masing yaitu larutan H_2SO_4 untuk pasir kuarsa, HF 1%, HCl 6 N, NH_4Cl 0,1 M untuk zeolit dan H_2SO_4 10 N untuk karbon aktif. Selanjutnya, sebanyak 500 gram umpan *bagasse* dengan ukuran $\pm 0,5$ cm dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis *double condensor* untuk dipirolisis. Proses pirolisis berlangsung selama 120 menit dengan suhu pirolisis yang digunakan yaitu 300°C , 350°C , dan 400°C . Asap hasil pembakaran kemudian dikondensasikan oleh kondensor sehingga menghasilkan asap cair. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu pirolisis berpengaruh terhadap kualitas dari asap cair yang dihasilkan. Kondisi optimum proses pirolisis untuk pembuatan asap cair yaitu pada suhu 400°C dan menggunakan katalis zeolit dengan karakteristik densitas 1,0105 g/mL, viskositas 1,0075 mm²/s, pH 2,75, kadar asam asetat 6,6502 %, warna coklat, dan bau asap sangat menyengat.

Kata kunci: asap cair, *bagasse*, katalis, pirolisis

ABSTRACT

Bagasse is waste from the processing of sugar cane into sugar which is available in abundant quantities every year. The solution to dealing with this waste is to process it into liquid smoke through a catalytic pyrolysis process. This research aims to analyze the effect of temperature and type of catalyst in the catalytic pyrolysis process on the quality (density, viscosity, pH, color, odor and acetic acid content) produced. The process of making liquid smoke begins with activating the catalyst using the respective activators, namely H_2SO_4 solution for quartz sand, 1% HF, 6 N HCl, 0,1 M NH_4Cl for zeolite and 10 N H_2SO_4 for activated carbon. Next, 500 grams of bagasse feed with a size of $\pm 0,5$ cm was put into the double condenser pyrolysis reactor for pyrolysis. The pyrolysis process lasts for 120 minutes with the pyrolysis temperatures used, namely 300°C , 350°C , and 400°C . The smoke from combustion is then condensed by the condenser to produce liquid smoke. The results of this research show that the pyrolysis temperature influences the quality of the liquid smoke produced. The optimum conditions for the pyrolysis process for making liquid smoke are at a temperature of 400°C and using a zeolite catalyst with characteristics of a density of 1,0105 g/mL, a viscosity of 1,0075 mm²/s, a pH of 2,75, an acetic acid content of 6,6502%, a brown color, and a very strong smoke odor.

Keywords: liquid smoke, *bagasse*, catalyst, pyrolysis

1. PENDAHULUAN

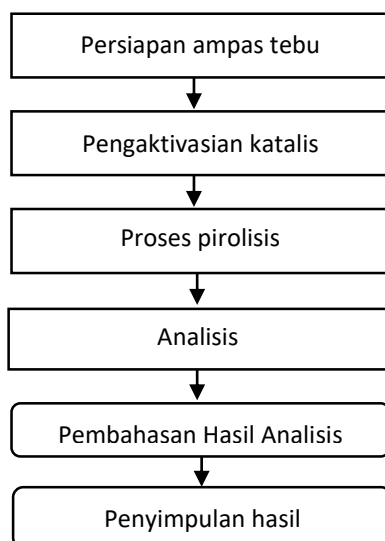
Di Indonesia tebu menjadi salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam pembangunan ekonomi nasional terutama dalam penerimaan devisa negara, penyerapan tenaga kerja, serta pengembangan perekonomian rakyat. Produksi tebu di Indonesia dalam rentang tahun 2017 hingga 2021 terjadi peningkatan dengan puncaknya pada tahun 2021 sebesar 2,36 juta ton [1]. Jawa Timur diproyeksikan menjadi provinsi penghasil tebu terbesar pada tahun 2021, yakni 1,13 juta ton. Pada industri pengolahan tebu menjadi gula, ampas tebu yang dihasilkan sekitar 30-40% dari berat batang tebu yang diolah [2]. Sehingga dapat diketahui jumlah ampas tebu yang dihasilkan pada tahun 2021 sebesar 708 ribu ton di tingkat nasional dengan 339 ribu ton ampas tebus dari Jawa Timur. Dengan persentase jumlah ampas tebu yang dihasilkan sebesar ini dapat menjadi dampak negatif bagi masyarakat terutama di lingkungan sekitar industri pengolahan tebu. Pada umumnya pemanfaatan ampas tebu digunakan sebagai bahan baku pupuk, pakan ternak, pulp, dan bahan bakar. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebanyak 50%, hemiselulosa 25%, dan lignin 25% [3]. Dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut, limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan asap cair. Dengan memanfaatkan ampas tebu menjadi produk bernilai seperti asap cair dapat mengurangi masalah limbah dan menciptakan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

Asap cair yang dihasilkan dari pirolisis katalitik merupakan hasil kondensasi uap yang berasal dari pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya [4]. Proses pirolisis katalitik melibatkan pemanasan biomassa pada suhu tinggi tanpa oksigen dengan bantuan katalis [5]. Penggunaan katalis dalam proses ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi konversi yang lebih tinggi dan kualitas produk [6]. Pada penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa penggunaan katalis dapat meningkatkan interaksi transfer massa, sehingga meningkatkan kualitas asap cair yang dihasilkan. Selain itu, pirolisis katalitik mampu mengurangi emisi gas berbahaya dan meningkatkan stabilitas produk [7]. Salah satu penelitian dengan menggunakan katalis zeolit untuk mengolah limbah menjadi bahan bakar cair, menghasilkan yield yang lebih tinggi dibandingkan metode pirolisis termal [8].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian kali ini memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan baku untuk pembuatan asap cair menggunakan metode pirolisis katalitik. Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh suhu pirolisis dan jenis katalis pada asap cair yang dihasilkan dari *bagasse* untuk mendapatkan asap cair sesuai standar SNI 8985:2021. Parameter yang diamati yaitu densitas, viskositas, pH, warna, bau serta kandungan asam.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan berupa ampas tebu. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen untuk mengetahui pengaruh suhu dan jenis katalis terhadap kualitas asap cair. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu:



Gambar 1. Diagram alir analisis asap cair

2.1. Preparasi *Bagasse*

Ampas tebu diperoleh dari penjual es tebu di daerah Malang. Proses preparasi diawali dengan membersihkan bahan baku ampas tebu dari pengotor atau material yang tidak diinginkan. Kemudian ampas tebu dikeringkan di bawah sinar matahari hingga massanya konstan. Tujuan ampas tebu dikeringkan yaitu untuk mengurangi kadar air di dalamnya. Setelah dikeringkan, ampas tebu dipotong menjadi ukuran yang seragam menjadi $\pm 0,5$ cm.

2.2. Proses Aktivasi Katalis Pasir Kuarsa

Proses aktivasi katalis pasir kuarsa diawali dengan menimbang pasir kuarsa sebesar 75 gram kemudian dimasukkan ke dalam 3 *beaker glass* dengan masing-masing 25 gram pasir kuarsa. Pasir kuarsa tersebut kemudian ditambahkan 250 mL larutan H_2SO_4 sambil diaduk, selanjutnya pasir kuarsa direndam selama 24 jam kemudian disaring menggunakan kertas saring. Kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 1 jam. Proses terakhir yaitu pasir kuarsa disimpan dalam desikator selama 24 jam.

2.3. Proses Aktivasi Katalis Zeolit Alam

Proses aktivasi katalis zeolit alam diawali dengan mencuci katalis berupa zeolit alam menggunakan akuades untuk menghilangkan pengotor kemudian katalis dikeringkan. Zeolit ditumbuk dan diayak dengan ayakan 100 mesh, selanjutnya direndam dalam larutan HF 1% dengan rasio 1:2 (v/v) selama 10 menit. Zeolit disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan akuades. Selanjutnya direndam dalam larutan HCl 6 N selama 30 menit pada temperature 50°C kemudian disaring dan dicuci kembali dengan akuades. Zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Selanjutnya direndam di dalam larutan NH_4Cl 0,1 M dengan rasio 1:2 (v/v) pada suhu 90°C selama 1 jam dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Zeolit siap digunakan sebagai katalis.

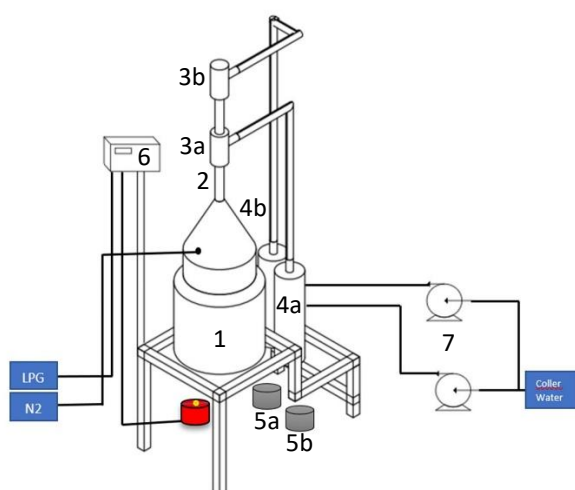
2.4. Proses Aktivasi Katalis Karbon Aktif

Proses aktivasi katalis karbon aktif diawali dengan karbon aktif dihancurkan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya direndam dalam larutan H_2SO_4 10 N ke dalam *beaker glass* yang berisikan karbon aktif dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*.

Karbon aktif direndam selama 24 jam kemudian disaring menggunakan kertas saring. Karbon aktif dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 1 jam. Proses terakhir yaitu karbon aktif dipanaskan dalam furnace pada suhu 500°C selama 3 jam.

2.5. Proses Pirolisis

Proses pirolisis diawali dengan menimbang ampas tebu sebesar 500 gram. Setelah ditimbang, ampas tebu dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Selanjutnya, ke dalam reaktor pirolisis ditambahkan katalis sesuai variabel yaitu 5% berat adsorben per berat ampas tebu. Katalis ini berupa zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa. Setelah ampas tebu dan katalis berada di dalam reaktor, proses selanjutnya dialirkan gas N₂ ke dalam reaktor. Proses pirolisis ampas tebu diatur dengan suhu 300°C, 350°C, 400°C dengan waktu tinggal 120 menit. Didapatkan asap cair setelah proses kondensasi, kemudian asap cair siap untuk dilakukan analisis.



Keterangan gambar alat:

1. Reaktor pirolisis
2. Tempat katalis
3. (a) dan (b) Tar trap
4. (a) dan (b) Kondensor
5. (a) dan (b) Penampung asap cair
6. *Temperature controller*
7. Pompa air

Gambar 2. Skema rangkaian alat pirolisis *double condensor*

2.6. Analisis Asap Cair

a. Analisis Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan cara menimbang piknometer kosong (W_0) kemudian diisi sampel (W). Selanjutnya diukur volume piknometer kosong (V) dan ditentukan berat jenis sampel dengan rumus [9]:

$$\text{Densitas} = \frac{W - W_0}{V} \quad (1)$$

Keterangan:

W = berat piknometer + asap cair

W_0 = berat piknometer kosong

V = Volume piknometer

b. Analisis Viskositas

Pengukuran dilakukan dengan cara membilas *viscometer tube* dengan menggunakan sedikit asap cair agar larutan yang berada pada pipa kapiler *viscometer* tidak bercampur dengan larutan yang berbeda. Kemudian pada *viscometer tube* diisi dengan asap cair dan

dimasukkan ke dalam *water bath* dengan temperatur 40°C. Selanjutnya dilakukan penghisapan asap cair sehingga melewati batas atas pada *viscometer* dan dibiarkan cairan mengalir ke bawah hingga tepat pada batas atas. Dicatat waktu yang dibutuhkan asap cair untuk mengalir dari batas atas ke batas bawah *viscometer* menggunakan *stopwatch*. Nilai viskositas ditentukan dengan rumus [9]:

$$z\mu_{kin} = C \times t \quad (2)$$

Keterangan:

μ_{kin} = viskositas kinetik

C = faktor viscometer (mm^2/s)/s

T = waktu alir sampel (s)

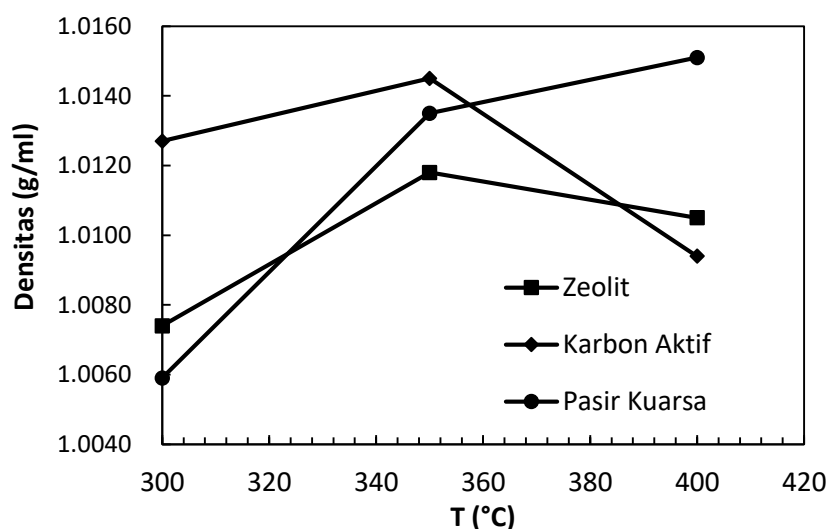
c. Analisis Kadar Asam Asetat

Pengukuran kadar asam asetat dilakukan dengan cara menimbang asap cair sebesar 1 ml kemudian diencerkan sampai volume 100 ml. Selanjutnya ditambahkan 3 tetes indikator *phenolptalin*. Lalu dititrasi dengan larutan standar NaOH 0,1 N hingga warna sampel berubah dari kuning menjadi ungu. Kemudian dicatat volume NaOH yang digunakan untuk titrasi dan kadar asam dinyatakan dalam persen berat asam asetat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap Densitas Asap Cair

Densitas merupakan perbandingan antara berat suatu sampel dengan volumenya. Hasil pengamatan densitas asap cair pada penelitian ini berkisar antara 1,0059 sampai 1,0151 g/ml.

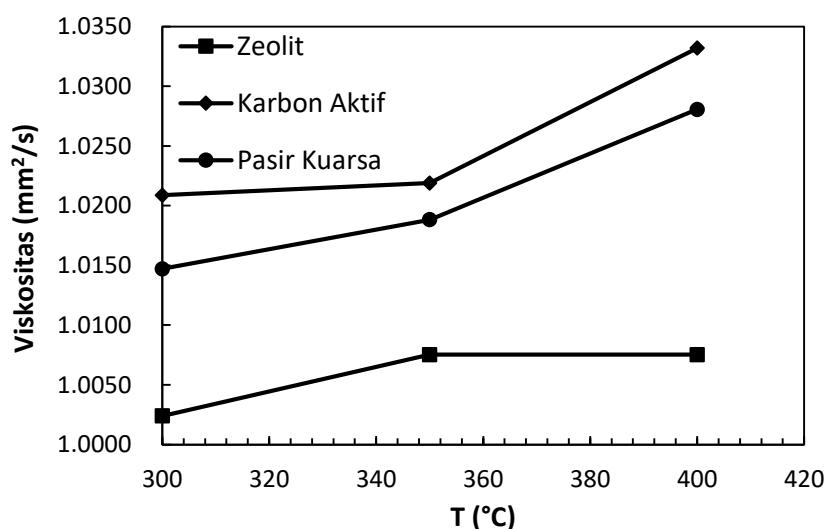


Gambar 3. Pengaruh suhu dan jenis katalis terhadap densitas asap cair

Pada Gambar 3 menunjukkan kecenderungan nilai densitas meningkat seiring bertambahnya suhu pirolisis. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka produk yang dihasilkan akan semakin ringan [8]. Selain itu, semakin tinggi suhu yang digunakan maka hidrokarbon ringan yang dihasilkan

juga akan semakin banyak karena semakin banyak senyawa-senyawa yang terdegradasi menjadi asap cair dan mempengaruhi densitasnya. Ketidaksesuaian hasil eksperimen dengan teori bisa disebabkan karena kandungan komponen penyusun pada ampas tebu belum terurai sempurna. Hasil Gambar 3 juga menunjukkan bahwa katalis mempengaruhi nilai densitas asap cair yang dihasilkan. Asap cair dengan menggunakan katalis zeolit memiliki nilai densitas lebih rendah jika dibandingkan asap cair dengan menggunakan katalis karbon aktif dan pasir kuarsa. Artinya katalis zeolit lebih optimal untuk menyerap tar dibandingkan dengan katalis karbon aktif dan pasir kuarsa. Dalam penelitian ini, asap cair dengan menggunakan katalis pada suhu 400°C memiliki nilai densitas lebih rendah jika dibandingkan dengan asap cair tanpa katalis. Secara berturut-turut, nilai densitas asap cair yang dihasilkan pada suhu 400°C dengan menggunakan katalis zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa adalah 1,0105 g/ml; 1,0094 g/ml; dan 1,0151 g/ml, sementara nilai densitas asap cair tanpa katalis adalah 1,0201 g/ml. Hal ini disebabkan karena dengan adanya katalis yang berfungsi untuk menyerap tar pada asap cair sebelum asap dikondensasikan menyebabkan nilai densitas dapat ditekan atau lebih rendah [10].

3.2 Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap Viskositas Asap Cair



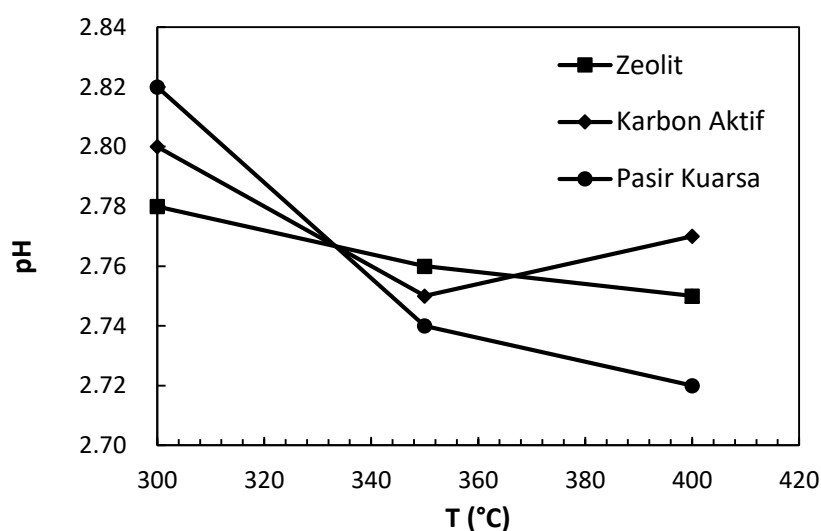
Gambar 4. Pengaruh suhu dan jenis katalis terhadap viskositas asap cair

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, nilai viskositas juga meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa viskositas meningkat seiring bertambahnya suhu. Nilai viskositas juga dipengaruhi oleh densitas, semakin besar densitas asap cair maka semakin tinggi nilai viskositasnya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya partikel yang terdekomposisi, yang menghambat aliran fluida karena adanya gesekan antar partikel [11].

Dalam penelitian ini, asap cair dengan menggunakan katalis pada suhu 400°C, jika dibandingkan dengan asap cair tanpa katalis memiliki kualitas yang lebih baik karena nilai viskositasnya yang lebih rendah. Nilai viskositas asap cair yang dihasilkan pada suhu 400°C dengan menggunakan katalis zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa berturut-turut adalah 1,0075 mm²/s; 1,0332 mm²/s; dan 1,028 mm²/s, sedangkan nilai viskositas asap cair tanpa

katalis adalah $1,0701 \text{ mm}^2/\text{s}$. Hal ini terjadi dikarenakan dilihat dari fungsi katalis sendiri yaitu untuk menyerap tar sebelum asap dikondensasikan sehingga nilai viskositas dapat ditekan dan kualitas asap cair menjadi lebih baik. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin kecil nilai viskositas maka semakin kecil tar yang terkandung dalam asap cair sehingga kualitas asap cair lebih baik [12].

3.3 Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap pH Asap Cair



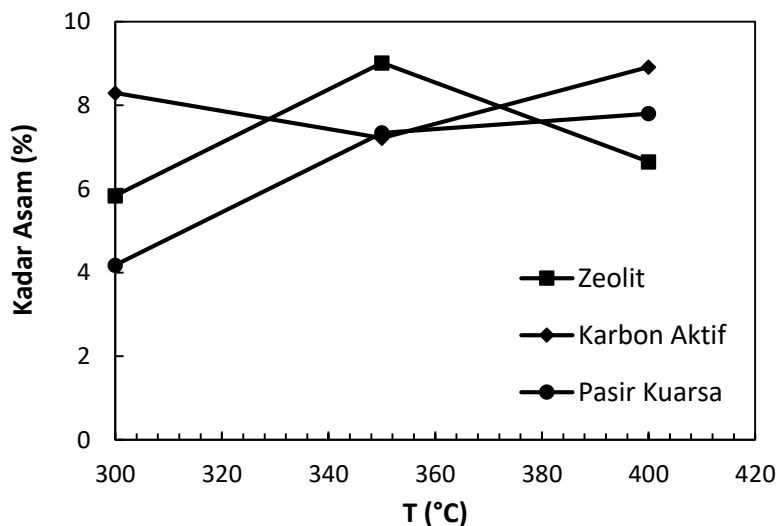
Gambar 5. Pengaruh suhu dan jenis katalis terhadap pH asap cair

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai pH asap cair dari ampas tebu berada pada range 2,72 - 2,82 yang artinya telah memenuhi standar mutu asap cair spesifikasi Jepang yaitu pada range 1,5 - 3,7. Dari Gambar 5 terlihat bahwa nilai pH asap cair pada berbagai jenis katalis mengalami fluktuasi, namun cenderung menurun seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, nilai pH yang dihasilkan semakin rendah, karena pada suhu yang tinggi, komponen organik dalam bahan terdekomposisi lebih lengkap menjadi senyawa-senyawa asam [13].

Asap cair dengan katalis zeolit menghasilkan nilai pH paling kecil pada suhu 300°C, sedangkan pada suhu 350°C dan 400°C asap cair dengan katalis pasir kuarsa memiliki nilai pH yang lebih kecil dibanding dengan katalis lainnya. Sehingga dapat disimpulkan penggunaan katalis terbaik pada suhu 300 °C adalah zeolit, sedangkan pada suhu 350°C dan 400°C adalah katalis pasir kuarsa. Hasil dari penelitian ini, asap cair tanpa katalis pada suhu 400°C memiliki nilai pH 2,75. Dibandingkan dengan asap cair yang menggunakan katalis pasir kuarsa, pH-nya lebih tinggi. Sementara itu, asap cair yang menggunakan katalis karbon aktif dan zeolit memiliki nilai pH yang lebih tinggi dan setara dengan nilai pH tanpa katalis. Seharusnya, nilai pH asap cair berkatalis lebih rendah dibandingkan dengan asap cair tanpa katalis. Hal ini mungkin disebabkan karena katalis karbon aktif dan zeolit mampu menyerap atau mengubah komponen-komponen asam, sehingga pH-nya tidak lebih rendah dari pH tanpa katalis, atau bahkan setara. Pada literatur disebutkan bahwa katalis meningkatkan reaksi dekomposisi yang mengakibatkan semakin banyaknya hidrokarbon rantai panjang yang terpecah menjadi hidrokarbon rantai pendek [14]. Hal ini berarti

semakin banyak komponen kayu yang terdegradasi seperti selulosa dan hemiselulosa sebagai penghasil asam sehingga menyebabkan pH asap cair yang dihasilkan bernilai kecil.

3.4 Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap Kadar Asam Asetat Asap Cair







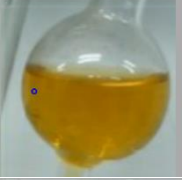




Gambar 6. Pengaruh suhu dan jenis katalis terhadap asam atetat asap cair

Pada hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa asap cair yang didapatkan dari ampas tebu mengandung asam asetat. Hasil pengukuran kadar asam asetat akan meningkat seiring bertambahnya suhu pirolisis, karena semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin besar panas yang diterima untuk menguraikan selulosa dan hemiselulosa menjadi komponen-komponen senyawa kimia yang bersifat asam terutama asam asetat [15]. Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan kadar asam asetat asap cair pada berbagai jenis katalis mengalami fluktuasi namun cenderung meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis. Pada asap cair pada suhu 350°C dengan menggunakan katalis karbon aktif dan asap cair pada suhu 400°C dengan menggunakan zeolit kadar asam asetat menurun. Hal ini dapat terjadi karena kandungan hemiselulosa dan selulosa pada ampas tebu belum terurai sempurna. Selain itu, penyebab turunnya kadar asam asetat juga dapat disebabkan karena asam yang telah teroksidasi dengan udara karena waktu penyimpanan yang cukup lama [10].

Hasil Gambar 6 juga menunjukkan bahwa katalis mempengaruhi kadar asam asetat asap cair yang dihasilkan, kadar asam asetat mengalami fluktuasi pada berbagai asap cair menggunakan katalis zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa. Namun, jika dibandingkan hasil penelitian asap cair tanpa katalis menunjukkan bahwa kadar asam asetat lebih tinggi daripada dengan asap cair dengan menggunakan katalis. Secara berturut-turut, kadar asam asetat pada suhu 400 °C dengan menggunakan katalis zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa adalah 6,6502%; 8,9162%; dan 7,8022%, sedangkan nilai kadar asam asap cair tanpa katalis adalah 10,2343%. Zeolit memiliki pori-pori yang mampu menyerap asam asetat yang ada di dalam asap cair. Sehingga pada proses pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit, karbon aktif, dan pasir kuarsa akan mengalami penurunan kadar asam asetat jika dibandingkan dengan proses pirolisis tanpa katalis.

3.5 Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap Warna Asap Cair

Tabel 1. Hasil analisis warna asap cair dengan aplikasi *colour identification*

Suhu Pirolisis (°C)	Zeolit	Karbon Aktif	Pasir Kuarsa
300			
350			
400			

Jenis katalis dapat mempengaruhi warna asap cair. Uji warna asap cair dilakukan pada sampel asap cair dengan menggunakan aplikasi *Color Identification*. Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis warna asap cair menggunakan aplikasi *colour identification* menunjukkan bahwa asap cair pada suhu 300°C dan 350°C dengan menggunakan katalis zeolit, karbon, dan pasir kuarsa memiliki kode warna #A98307, yang menunjukkan warna kuning. Asap cair pada suhu 400°C dengan menggunakan katalis zeolit, karbon, dan pasir kuarsa menunjukkan kode warna #955F20 yang artinya berwarna coklat. Hasil pengamatan warna asap cair pada penelitian ini menunjukkan bahwa warna asap cair semakin pekat dengan bertambahnya suhu pirolisis. Hal ini sesuai dengan yang disebutkan oleh Wijaya, dkk. (2008) bahwa perubahan suhu menyebabkan terjadinya perubahan warna asap cair, semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin gelap warna asap cair yang dihasilkan. Dalam literatur disebutkan bahwa hasil asap cair dari bahan baku kayu yaitu berwarna kuning kecoklatan atau coklat kehitaman yang diperoleh dari hasil samping pembuatan arang [17]. Asap cair sebelum distilasi memiliki warna coklat kemerahan disebabkan oleh kandungan tar yang berwarna hitam [18].

3.6 Pengaruh Suhu dan Jenis Katalis terhadap Bau Asap Cair

Asap cair hasil pirolisis pada berbagai suhu dapat menghasilkan beberapa tingkatan bau. Analisis bau asap cair dilakukan dengan uji organoleptik yang melibatkan 7 panelis. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin menyengat bau asap cair yang dihasilkan. Menurut Kadir, dkk. (2010) menegaskan bahwa senyawa fenolik yang merupakan komponen utama dan berperan sebagai kontributor aroma di dalam asap cair yaitu fenol, p-kresol, o-kresol, guaiakol, 4-metilguaiakol, 4-etilguaiakol, syringol, eugenol, 4-propilguaiakol dan isoeugenol. Hal ini diperkuat dengan

penelitian Maulina, dkk. (2018) yang mengungkapkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis yang digunakan maka akan meningkatkan kandungan senyawa fenolik dalam asap cair.

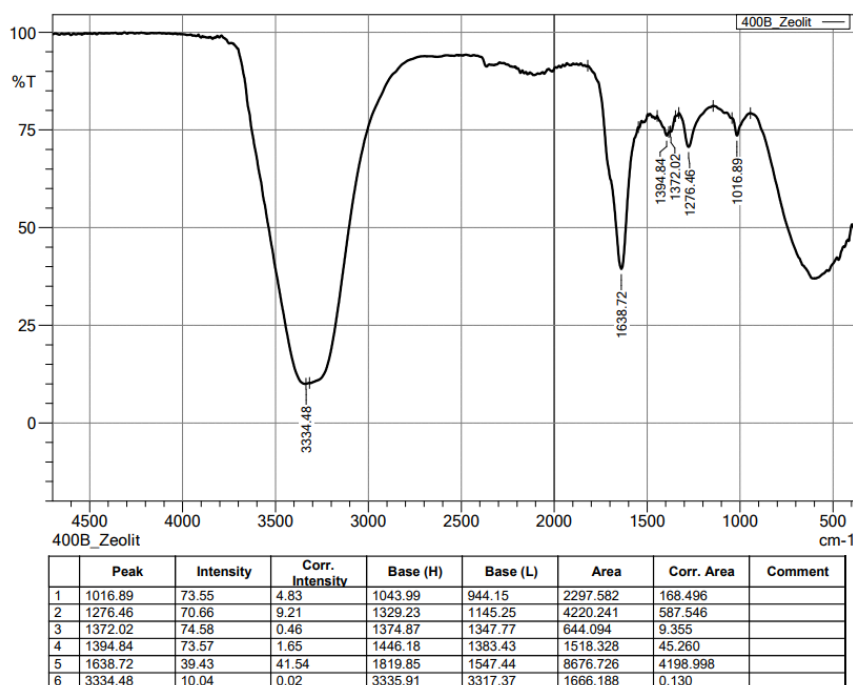
3.7 Hasil Analisa Rendemen Asap Cair

Tabel 2. Hasil analisis rendemen asap cair

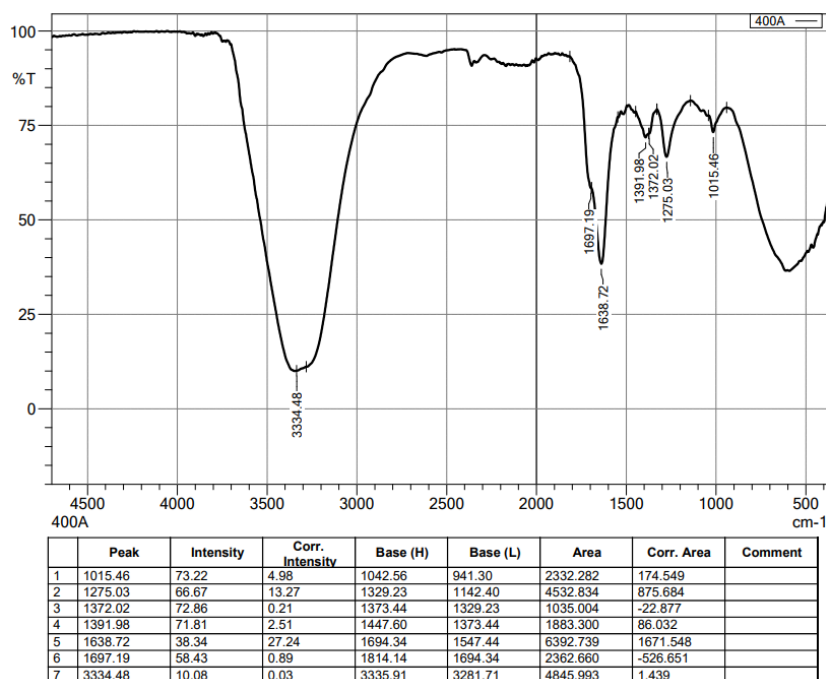
Jenis katalis	Rendemen (%)
Zeolit	16,1690
Karbon aktif	12,1128
Pasir kuarsa	18,4748
Tanpa katalis	21,8301

Analisis rendemen asap cair dalam penelitian ini hanya dilakukan pada suhu 400 °C. Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa asap cair tanpa katalis memiliki jumlah rendemen lebih tinggi jika dibandingkan dengan asap cair menggunakan katalis. Hal ini disebabkan karena dengan adanya katalis yang berfungsi untuk menyerap tar pada asap cair sebelum asap dikondensasikan [10], sehingga menyebabkan jumlah rendemen asap cair dengan menggunakan katalis lebih rendah. Perbedaan jumlah rendemen asap cair pada setiap jenis katalis disebabkan karena adanya kebocoran pada reaktor pirolisis terutama proses pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit dan karbon aktif. Sehingga saat proses pirolisis, asap yang dihasilkan akan kehilangan massa (*loss*) sebelum asap terkondensasi secara optimal.

3.8 Hasil Analisa FTIR Asap Cair



Gambar 7. Hasil uji FTIR asap cair dengan katalis zeolit pada suhu 400°C



Gambar 8. Hasil uji FTIR asap cair tanpa katalis pada Suhu 400°C

Hasil asap cair yang menggunakan katalis zeolit dan tanpa katalis pada suhu 400°C dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus aktif yang terdapat pada hasil asap cair tersebut. Dari Gambar 7 dan 8 dapat diketahui bahwa asap cair dengan menggunakan katalis zeolit dan asap cair tanpa katalis pada suhu yang sama memiliki kandungan senyawa yang serupa. Pada Gambar 7, senyawa tersebut meliputi fenol dengan puncak 3334,48 cm⁻¹, alkena dengan puncak 1638,72 cm⁻¹, dan alkana dengan puncak 1394,84 cm⁻¹. Sedangkan pada Gambar 8, senyawa yang terdeteksi adalah fenol dengan puncak 3334,48 cm⁻¹, alkena dengan puncak 1638,72 cm⁻¹, dan alkana dengan puncak 1391,98 cm⁻¹. Senyawa tersebut ditemukan dalam asap cair karena proses pirolisis dari bahan organik yang mengandung karbon dan hidrokarbon seperti biomassa atau bahan organik lainnya. Proses pirolisis ini melibatkan dekomposisi termal bahan tersebut pada suhu tinggi yang menghasilkan berbagai senyawa organik volatil termasuk fenol, alkena, dan alkana [21]. Senyawa fenol terbentuk dari dekomposisi lignin atau komponen lignoselulosa lainnya yang terdapat dalam biomassa [7]. Senyawa alkena terbentuk dari fraksi minyak yang dihasilkan selama pirolisis yang terdiri dari senyawa-senyawa seperti olefin yang memiliki ikatan rangkap. Sedangkan, senyawa alkana dapat terbentuk sebagai hasil dekomposisi lebih lanjut dari senyawa-senyawa yang lebih kompleks, seperti hidrokarbon jenuh.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi optimum proses pirolisis untuk pembuatan asap cair yaitu pada suhu 400°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pirolisis berpengaruh terhadap kualitas dari asap cair yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu pirolisis maka densitas, viskositas, dan kadar asam asetat semakin meningkat, sementara pH semakin menurun. Selain itu, warna asap cair semakin pekat dan bau semakin menyengat. Hasil penelitian menunjukkan pirolisis

ampas tebu (*bagasse*) menghasilkan asap cair paling baik pada suhu 400°C dan menggunakan katalis zeolit dengan hasil analisis menunjukkan densitas 1,0105 g/ml, viskositas 1,0075 mm²/s, pH 2,75, kadar asam asetat 6,6502 %, warna coklat, dan bau asap sangat menyengat.

Penelitian berikutnya disarankan menambahkan waktu pirolisis agar bahan baku di dalam reaktor dapat terbakar sempurna dan diperoleh hasil asap cair yang maksimal. Tangki reaktor pirolisis harus dilengkapi dengan tutup yang dapat dikunci rapat agar uap hasil pirolisis tidak keluar.

REFERENSI

- [1] Kementerian Pertanian, *Produksi Tebu Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2017-2021*. 2021.
- [2] Rosmeika, L. Sutiarto, dan B. Suratmo, "Pengembangan Perangkat Lunak Life Cycle Assessment (LCA) untuk Ampas Tebu," *Agritech*, vol. 30, no. 3, hal. 168–177, 2010.
- [3] E. Hermiati, D. Mangunwidjaja, T. C Sunarti, dan O. Suparno, "Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol," *Litbang Pertanian*, vol. 29, no. 4, hal. 121–130, 2010.
- [4] R. A. Syahban, "Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Berbasis Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Karakteristik Lateks yang Digumpalkan," Skripsi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, 2020.
- [5] G. D. Assaury, S. K. Ahnaf, A. T. Arinanda, dan S. Sahraeni, "Pembuatan Arang Aktif Dari Gambut Hasil Pirolisis Katalitik Dengan Aktivator NaCl," *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, vol. 19, no. 1, hal. 29–34, Jun 2023.
- [6] L. K. H. Pham, S. Kongparakul, P. Reubroycharoen, S. Karnjanakom, S. R. Naqvi, dan G. Guan, "Biofuel Production with Integrated Pyrolysis and Catalytic Upgrading System," *Innovations in Thermochemical Technologies for Biofuel Processing*, hal. 147–177, 2022.
- [7] W. A. Rizal, R. Suryani, S. K. Wahono, M. Anwar, D. J. Prasetyo, dan R. Z. Amdani, "Pirolisis Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Campuran: Parameter Proses dan Analisis Produk Asap Cair," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 14, no. 2, hal. 353–364, 2020.
- [8] S. Effendy, I. Rusnadi, N. Aina, B. Rossa, dan M. Walitin, "Unjuk Kerja Proses Pirolisis Katalitik Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau dari Jumlah Katalis, Variasi Temperatur, dan Waktu Operasi," *Jurnal Kinetika*, vol. 12, no. 01, hal. 32–39, 2021.
- [9] A. T. Saputra, M. A. Wicaksono, dan Irsan, "Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas untuk Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Alat Teraktivasi," *Jurnal Chemurgy*, vol. 01, no. 2, hal. 1–6, 2017.
- [10] E. Erawati, T. W. Kirana, E. Budiyati, W. B. Sediawan, dan P. Mulyono, "Distilasi Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu," *Simposium Nasional RAPI XIV*, hal. 213–219, 2015.
- [11] D. G. H. A. dan N. Ernanto, "Analisis Pengaruh Temperatur pada Metode Pirolisis dari Sampah Plastik PP (Polypropylene) Terhadap Kapasitas dan Kuantitas Minyak Pirolisis," *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, vol. 24, no. 2, hal. 175–182, 2020.

- [12] K. Sa'diyah, P. H. Suharti, N. Hendrawati, I. Nugraha, dan N. A. Febrianto, "Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa dengan Metode Pirolisis," *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, vol. 1, hal. 1–7, 2017.
- [13] J. Dewi, A. Gani, dan M. Nazar, "Analisis Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu sebagai Bahan Pengawet Alami pada Tahu," *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, vol. 2, no. 2, hal. 106–112, Jan 2019.
- [14] Y. C. Danarto, P. Budi U., dan F. Sasmita, "Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit," *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, hal. 1–6, 2010.
- [15] K. Anisah, "Analisa Komponen Kimia dan Uji Antibakteri Asap Cair Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Pada Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan *Pseudomonas Aeruginosa*," Uin Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta, 2014.
- [16] M. Wijaya, E. Noor, T. T. Irawadi, dan G. Pari, "Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia Asap Cair dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, vol. 1, no. 2, hal. 73–77, 2008.
- [17] Deselina, E. Suharto, dan E. Naibaho, "Respon Pertumbuhan Semai Bambang Lanang (*Michelia Champaca* L.) terhadap Grade dan Konsentrasi Asap Cair," *Prosiding Seminar Nasional Silvikultur Ke-VIII*, hal. 24–34.
- [18] J. Dewi, A. Gani, dan M. Nazar, "Analisis Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu sebagai Bahan Pengawet Alami pada Tahu," *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, vol. 2, no. 2, hal. 106–112, Jan 2019.
- [19] S. Kadir, P. Darmadji, dan C. Hidayat, "Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Volatil pada Asap Cair Tempurung Kelapa Hibrida," *Agritech*, vol. 30, no. 2, 2010.
- [20] S. Maulina, Nurtahara, dan Fakhradila, "Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit untuk Menghasilkan Fenol pada Asap Cair," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 7, no. 2, hal. 12–16, 2018.
- [21] R. Pamori, R. Efendi, dan R. Fajar, "Karakteristik Asap Cair dari Proses Pirolisis Limbah Sabut Kelapa Muda," *Sagu*, vol. 14, no. 2, hal. 43–50, 2015.