

KINETIKA REAKSI PROSES NITRASI LIMBAH PELEPAH SAWIT

Jabosar Ronggur, Padil, Sunarno

Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Universitas Riau 28293

Email : jabosarronggur@gmail.com

HP : 085658508899

ABSTRAK

Waste palm midrib is a byproduct of industry solid waste production that has not been fully utilized. One utilization of the cellulose is nitration reaction on cellulose that produce nitrocellulose. Nitrocellulose is a form of commercial polymers that used in the manufacture of explosives and manufacture of various industrial products. This study aimed to determine the reaction kinetics of waste palm midrib nitration process at a variety of temperatures. Nitration is done by the addition of nitric acid in sulfuric acid medium conditioned with the reactor at various reaction temperature at any given time. After nitration process, product washed with bicarbonate and distilled water, than dried in a desiccator and finally analyzed the content of the concentration of beta and gamma cellulose by SNI 0444: 2009. Results showed the lowest concentration of beta and gamma cellulose obtained when the reaction takes place at temperatures of 5 -10 °C which produces second order reaction. Activation energy obtained is 33,465.034 cal/mol and the frequency of collisions is 1.421×10^{24} . So, the Arrhenius equation:

$$k = 1.421 \times 10^{24} e^{-33465,034/RT}$$

Keywords: reaction kinetics, palm, nitration, nitrocellulose

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit sebagai bahan baku industri menghasilkan limbah sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit. Pelepah sawit merupakan salah satu limbah pertanian yang dihasilkan pada saat panen buah sawit. Sumatera khususnya Provinsi Riau merupakan Provinsi yang memiliki areal perkebunan sawit paling luas di Indonesia [BPS, 2011]. Menurut data Dinas Perkebunan (Disbun) Riau, pada akhir 2010 luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 2,1 juta hektar. Dimana dalam satu hektar terdapat 110 batang sawit yang menghasilkan 880 buah limbah pelepah sawit tiap bulan. Berdasarkan informasi tersebut dapat

disimpulkan bahwa dalam luas areal 2,1 juta hektar jumlah limbah pelepah sawit di Riau bahkan mencapai hampir 2 miliar limbah pelepah perbulan.

Pemanfaatan limbah pelepah sawit saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah pelepah sawit cenderung di bakar menghasilkan abu untuk pupuk tanaman atau ditumpuk diantara pohon sawit sehingga belum bisa memberikan keuntungan yang ekonomis. Ditinjau dari komposisinya, limbah pelepah sawit mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah lebih lanjut. Kandungan selulosa yang terdapat dalam pelepah sawit ternyata dapat dikonversi menjadi nitroselulosa dengan proses nitration. Hal ini telah dibuktikan dengan mengkonversi selulosa – α dari reject pulp menjadi nitroselulosa [Rahmad, 2011].

Nitroselulosa ini menjadi penting karena dapat diolah lebih lanjut menjadi propelan.

Penelitian ini mempelajari kinetika dalam memanfaatkan selulosa – α limbah pelepah sawit untuk dikonversi menjadi nitroselulosa. Kinetika reaksi menjadi bagian penting di dalam penelitian ini dikarenakan data kinetika reaksi dipakai dalam menghitung seberapa cepat reaksi nitrasasi limbah pelepah sawit dapat berlangsung terhadap pengaruh variasi temperatur. Dasar perancangan reaktor reaksi nitrasasi limbah pelepah sawit yang tepat membutuhkan data kinetika reaksi. Data kinetika tersebut digunakan untuk aplikasi penyelenggaraan reaksi agar tidak terjadinya kesalahan dalam perancangan.

Pada penelitian ini akan diperoleh orde reaksi dan konstanta laju reaksi nitrasasi limbah pelepah sawit, pengaruh variasi temperatur terhadap kinetika reaksi nitrasasi pelepah sawit serta mendapatkan persamaan Arrhenius reaksi nitrasasi limbah pelepah sawit. Oleh karena itu penting dilakukan perhitungan kinetika reaksi proses nitrasasi limbah pelepah sawit.

Limbah Padat Sawit

Limbah pelepah sawit merupakan salah satu sumber bahan baku serat yang mengandung kadar selulosa – α paling tinggi dibandingkan limbah padat yang lain. Selulosa - α ini dapat menjadi bahan baku alternatif lain dari pemanfaatan serat pelepah sawit sebagai pembuatan nitroselulosa.

Selulosa

Selulosa merupakan suatu polimer dengan komponen kimia biomassa yang terbesar, yang jumlahnya mencapai hampir setengah bagian biomassa. Selulosa adalah komponen dasar pada dinding sel dan serat. Selulosa terdapat pada semua tanaman tingkat tinggi hingga organisme tumbuhan yang primitif. Selulosa juga terdapat pada binatang jenis tunicin, yakni

zat kutikula tunicate dalam jumlah yang sedikit [Fengel dan Wegener, 1995].

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa Natrium Hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa di dalam biomassa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu :

1. Selulosa - α (Alpha Cellulose) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) 600 - 1500. Selulosa - α dipakai sebagai penentu tingkat kemumian selulosa.
2. Selulosa - β (Betha Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15 - 90, dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Selulosa - μ (Gamma cellulose) adalah sama dengan selulosa - β , tetapi DP nya kurang dari 15.

Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan bagian dari kelompok polisakarida yang memiliki rantai pendek dibandingkan rantai selulosa dan berfungsi sebagai bahan pendukung dinding sel. Hal ini dikarenakan hemiselulosa memiliki derajat polimerisasi lebih rendah dan mengandung sampai 300 unit gula. Berbeda dengan selulosa, hemiselulosa bukan polimer rantai lurus tetapi polimer bercabang dimana tidak membentuk unsur kristal dan mikrofibril seperti selulosa.

Lignin

Komponen biomassa lainnya adalah lignin yang berfungsi menaikkan sifat – sifat kekuatan mekanik tumbuhan. Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Kandungan karbon yang relatif tinggi pada lignin menyebabkan lignin memiliki kandungan energi yang tinggi

dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa. Lignin dapat diisolasi dengan cara menghidrolisis, mengekstraksi atau mengubahnya menjadi turunan yang larut. Lignin tidak dapat larut dalam air maupun dalam asam mineral kuat, namun dapat larut dalam alkali encer.

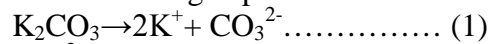
Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomasa ligniselulosa, yaitu hemiselulosa dan lignin menjadi monomer gula yang dapat dilakukan secara kimia ataupun enzimatik. Didalam metode hidrolisis secara kimia terbagi atas dua jenis yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis basa.

Pada hidrolisis basa suatu biomasa ligniselulosa dipaparkan dengan larutan basa pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer hemiselulosa dan lignin.

Hidrolisis biomassa limbah pelepah sawit secara basa dapat dilakukan dengan menggunakan ekstrak abu TKS. Berdasarkan analisa abu TKS, Kalium adalah komponen dominan di dalam abu TKS. Logam Kalium dimungkinkan dalam bentuk senyawa Kalium Karbonat (K_2CO_3). Hal ini dapat dibuktikan dengan uji alkalinitas terhadap abu TKS. Dengan sifat basa yang dimiliki Kalium ketika dilarutkan dengan air, maka KOH yang terdapat dalam larutan ekstrak abu TKS dapat dijadikan pengganti NaOH, sumber alkali yang umumnya digunakan dalam pembuatan pulp. Hal ini disebabkan oleh kalium mempunyai sifat yang mirip dengan Natrium diantaranya sangat reaktif terutama dalam air dan merupakan basa kuat. Kalium dan karbonat larut dalam air membentuk ion K^+ dan CO_3^{2-} seperti terlihat dalam Persamaan 1. Ion karbonat bersifat reaktif sehingga akan mengikat ion H^+ yang ada di dalam air dan membentuk HCO_3^- (Persamaan 2). Sedangkan ion kalium bersifat reaktif sehingga di dalam air berikatan dengan ion OH^- membentuk

KOH, sehingga larutan ekstrak abu TKS bersifat basa dengan $pH > 7$.



Kalium hidroksida (KOH) yang terbentuk dalam larutan ekstrak abu TKS akan bereaksi dengan komponen limbah pelepah sawit pada saat proses hidrolisis berlangsung. [Yulia, 2011].

Delignifikasi

Pada proses pemasakan terjadi peristiwa delignifikasi, yaitu pemutusan ikatan lignin dan makromolekul lignoselulosa yang diikuti dengan pelarutan lignin dalam suatu pelarut serta degradasi sebagian kecil polisakarida [Fengel dan Wegener, 1995].

Proses delignifikasi adalah proses penghilangan lignin. Pada proses delignifikasi ada berbagai cara antara lain proses mekanik, semikimia, dan kimia. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi antara lain adalah waktu pemasakan, konsentrasi larutan pemasak, percampuran bahan, perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku, ukuran bahan, suhu dan tekanan, dan konsentrasi katalis [Artati, 2009].

Nitrasi

Reaksi nitrasi selulosa yaitu proses penggantian gugus $-OH$ dengan gugus $-ONO_2$ pada selulosa. Proses ini dikendalikan oleh rasio diantara asam, rasio asam-selulosa, waktu, dan suhu reaksi. Jika terjadi penggantian satu gugus, dua gugus, tiga gugus, maka kadar nitrogen dalam nitroselulosa adalah berturut turut 6,76% ; 11,11% ; 14,14%. Kadar N akan menentukan sifat fisik dan kimia nitroselulosa. Substitusi berlangsung sepanjang rantai polimer bukan mengumpul pada satu monomer [Hartaya, 2009].

Selulosa nitrat dibuat dari pengolahan selulosa dengan larutan asam nitrat pekat yang mana perlu penambahan

asam sulfat (senyawa lain dapat juga digunakan sebagai pengganti seperti asam fosfat, fosfor pentoksida atau magnesium nitrat). Kesemua bahan tersebut mempunyai fungsi yang sama sebagai katalisator. Akan tetapi dalam setiap pemakaian asam sulfat yang paling lazim digunakan karena harganya yang relatif lebih murah [Hartati, 1995].

Nitroselulosa

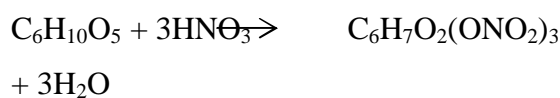
Nitroselulosa merupakan salah satu diantara polimer komersial, pertama kali dikembangkan pada abad ke-19 dan bahkan telah dipakai dalam pembuatan bahan-bahan peledak, film fotografik, lak, serat tekstil, dan beberapa aplikasi percetakan. Selulosa nitrat dipreparasi dari selulosa dan asam nitrat.

Selulosa dapat dinitrasi dengan asam anorganik seperti asam nitrat, asam sulfat dan asam fosfat. Dari ketiga unsur tersebut, asam nitrat memiliki nilai ekonomis yang strategis karena dapat digunakan sebagai sumber bahan baku propelan pada industri pembuatan amunisi atau bahan peledak.

Kinetika reaksi

Kinetika reaksi adalah ilmu yang mempelajari tentang seberapa cepat suatu reaksi kimia dapat berlangsung. Kecepatan reaksi adalah kecepatan perubahan konsentrasi suatu bahan yang bereaksi persatuan waktu. Kecepatan perubahan ini dapat ditinjau dari bahan yang bereaksi (reaktan) atau dari bahan yang terbentuk (produk).

Reaksi nitrat limbah pelepah sawit merupakan reaksi heterogen yaitu reaksi yang dimana bahan bakunya berbeda fasa. Reaksi nitrat dapat dilihat pada persamaan reaksi:



Berdasarkan reaksi tersebut dapat dibuat persamaan laju reaksinya:

$$r = k [\text{Selulosa}] [\text{HNO}_3] \dots (3)$$

Asam nitrat yang digunakan sangat berlebih sehingga konsentrasi asam nitrat dapat dianggap tetap. Pada kondisi ini perubahan jumlah asam nitrat pada aksi tidak akan mempengaruhi laju reaksi. Maka persamaan (3) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$r = - \frac{d[\text{Selulosa}]}{dt} = k [\text{Selulosa}] \dots (4)$$

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi konstanta laju reaksi adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi Pereaksi

Laju reaksi didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi per satuan waktu. Jika zat yang direaksikan berupa larutan maka faktor yang harus diperhatikan adalah konsentrasi. Suatu larutan yang pekat mengandung molekul-molekul yang lebih banyak dibandingkan dengan larutan encer. Jumlah molekul yang banyak lebih mudah dan lebih sering bertumbukan dibandingkan dengan molekul yang jumlahnya sedikit. Sehingga laju reaksi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi.

2. Waktu Reaksi

Laju reaksi merupakan pengurangan konsentrasi reaktan per satuan waktu.

3. Temperatur

Sebagaimana reaksi kimia biasanya, dipercepat dengan kenaikan temperatur. Pada umumnya reaksi akan berlangsung lebih cepat apabila suhu dinaikan. Dengan menaikkan suhu, maka energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah. Secara sistematis hubungan antara nilai tetapan laju reaksi (k) terhadap suhu dinyatakan dengan persamaan Arrhenius [Levenspiel, 1999].

$$k = A \exp(-E_a/RT) \dots (5)$$

dimana,

k = konstanta kecepatan reaksi

- A = frekuensi tumbukan
 Ea = energi aktivasi (kJ/mol)
 R = konstanta gas (kJ/Kmol.K)
 T = temperatur (K)

4. Kecepatan Pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk memaksimalkan laju reaksi, karena pengadukan akan mempercepat terjadinya tumbukan diantara partikel-partikel yang bereaksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang Digunakan

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor nitrasi, wadah pendingin, pengaduk, kondensor, desikator, kertas saring whatman, termometer, corong dan gelas ukur.

Bahan yang Digunakan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pelepah sawit, asam nitrat 65%, asam sulfat 98%, aquadest, NaOH 17,5%, bikarbonat, kalium kromat 0,5 N, indikator feroin, dan ferrous ammonium sulfat 0,1 N.

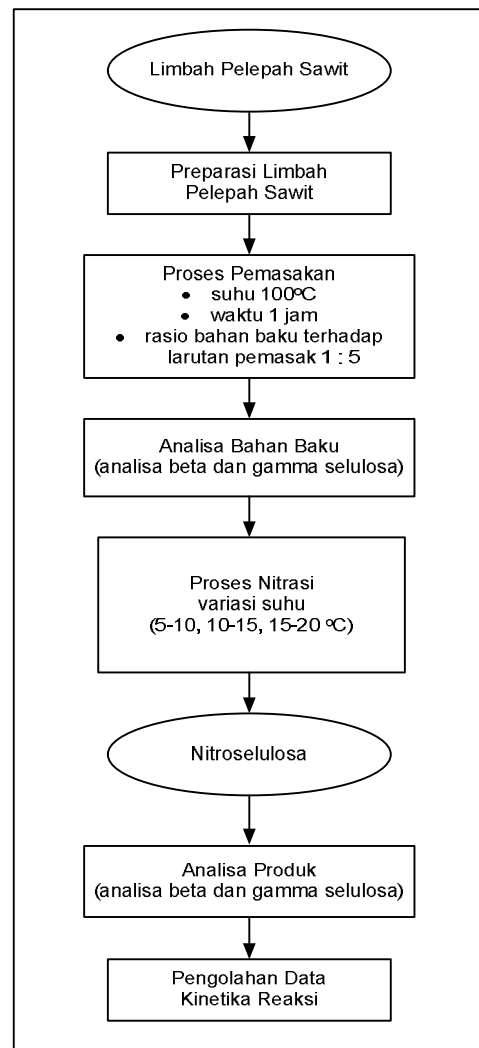
Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan sebesar 65 rpm dan perbandingan limbah pelepah sawit dengan asam nitrat (3 : 40) [Hartaya, 2009]. Variabel bebas ini dilakukan dengan variasi temperatur nitrasi (5-10, 10-15, 15-20 oC) dengan pengambilan sampel setiap selang waktu 10 menit selama 1 jam.

Prosedur Penelitian

Tahap - tahap penelitian terdiri dari analisa bahan baku, proses nitrasi dan analisa hasil dan pengolahan data kinetika

reaksi. Diagram alir rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Preparasi Limbah Pelepah Sawit

Pada tahap awal penelitian dilakukan preparasi limbah pelepah sawit sebelum proses pemasakan. Proses ini mencakup pengecilan ukuran yang berguna untuk memperoleh jumlah selulosa – α yang lebih murni disaat proses pemasakan berlangsung.

Proses Pemasakan

Proses pemasakan untuk menghasilkan selulosa – α terbagi atas dua tahap yaitu proses hidrolisis dan delignifikasi. Bahan baku di hidrolisis terlebih dahulu. Hidrolisis bertujuan untuk

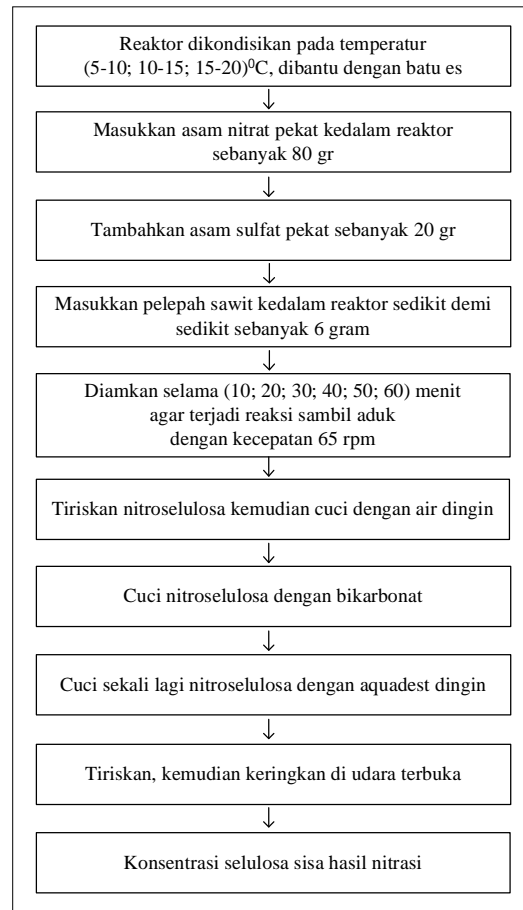
mempercepat penghilangan pentosan (hemiselulosa) dalam bahan baku pada waktu pemasakan. Hidrolisis menggunakan larutan pemasak dari ekstrak abu TKS. Kondisi hidrolisis adalah temperatur maksimum 100°C, rasio bahan baku terhadap larutan pemasak 1 : 8, dan waktu 1 jam. Setelah dihidrolisis filtratnya dikeluarkan dan selanjutnya dilakukan delignifikasi. Delignifikasi pelepah sawit berlangsung pada suhu 100°C, rasio bahan baku terhadap larutan pemasak 1 : 5, dan waktu 30 menit. Proses delignifikasi bertujuan untuk mendapatkan selulosa yang lebih murni untuk pembuatan nitroselulosa dengan menggunakan ekstrak abu TKS. Larutan hasil delignifikasi disaring dan dicuci dengan air panas untuk menghilangkan lindi hitam [Yulia, 2011].

Analisa Bahan Baku

Analisa bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa beta dan gamma selulosa yang berguna untuk mengetahui konsentrasi awal selulosa pada limbah pelepah sawit. Analisa beta dan gamma selulosa dilakukan menurut SNI 0444: 2009.

Proses Nitiasi

Proses nitiasi dilakukan menggunakan reagen penitiasi HNO₃ 65% dan H₂SO₄ 97% dalam reaktor nitiasi untuk mendapatkan nitroselulosa. Skema proses nitiasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan Nitroselulosa

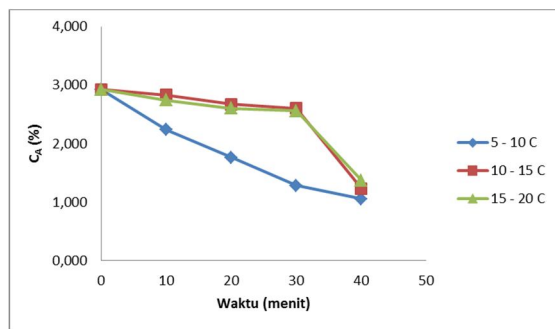
Pengolahan Data

Dari analisa hasil, diperoleh nilai perubahan konsentrasi selulosa sisa setiap variasi waktu. Data yang diperoleh digunakan dalam perhitungan kinetika reaksi untuk variasi temperatur. Untuk mendapatkan nilai k (konstanta laju reaksi) dan α (orde reaksi) dapat digunakan metode differensial menurut persamaan 5-7 Fogler. Sedangkan untuk mengetahui nilai energi aktivasi dan frekuensi tumbukan menggunakan persamaan 3-2 dan E3-1.2 Fogler.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Waktu Terhadap Konsentrasi Beta dan Gama Pada Berbagai Temperatur Reaksi

Konsentrasi beta dan gama selulosa pada pelepah sawit sebelum nitrasi adalah 2,923 % sebagai konsentrasi reaktan awal (C_{A0}). Konsentrasi reaktan awal (% konsentrasi beta dan gama selulosa) akan berkurang seiring dengan dilakukannya proses nitrasi setiap variasi waktu sebagai C_A .



Gambar 3. Hubungan Waktu Terhadap Konsentrasi Beta dan Gama Pada Berbagai Temperatur Reaksi

Berdasarkan Gambar 3 konsentrasi beta dan gama menurun terhadap waktu dengan konsentrasi beta dan gama minimum diperoleh pada waktu reaksi 40 menit. Suhu 5 – 10 °C adalah suhu reaksi yang paling baik dalam proses yang ditandai dengan perolehan konsentrasi beta dan gama paling kecil yaitu sebesar 1,050 %. Sedangkan pada suhu 10 – 15 °C dan suhu 15 – 20 °C penurunan konsentrasi beta dan gama yang diperoleh tidak terlalu jauh berbeda.

Konsentrasi beta dan gama paling kecil yang diperoleh pada suhu 5 - 10 °C disebabkan oleh sifat reaksi nitrasi. Reaksi nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa termasuk jenis reaksi eksotermis [Hartaya, 2010]. Konversi reaksi yang bersifat eksotermis dapat diperbesar dengan pendinginan sedangkan konversi reaksi yang bersifat endotermis diperbesar dengan pemanasan (pemberian energi)

[Levenspiel, 1999]. Hal ini yang memungkinkan mendapatkan % beta dan gama selulosa yang lebih rendah pada temperatur yang lebih rendah yaitu pada suhu 5 – 10 °C.

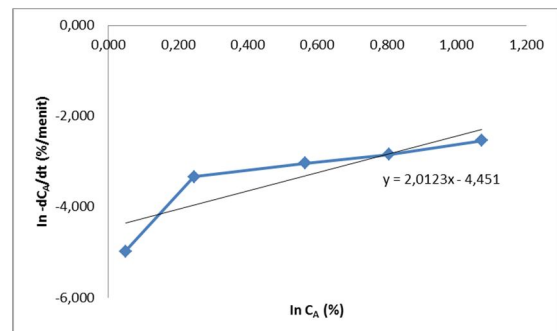
Penentuan Orde Reaksi dan Konstanta Laju Reaksi

Untuk menentukan orde reaksi digunakan metode diferensial. Berdasarkan metode ini diasumsikan volume konstan dan konsentrasi berdasarkan fungsi waktu [Fogler, 1999].

$$\frac{-dC_A}{dt} = k_A \cdot C_A^\alpha \dots\dots\dots(6)$$

$$\ln \frac{-dC_A}{dt} = \ln k_A + \alpha \ln C_A \dots\dots\dots(7)$$

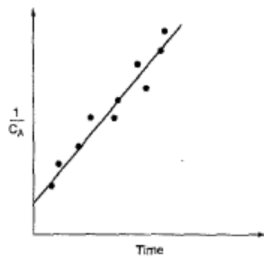
Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai $\ln (-dC_A/dt)$ adalah metode numerik dengan kenaikan waktu yang sama ($t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = \Delta t$ sama = 10 menit). Dengan plot Gambar $\ln C_A$ terhadap $\ln (-dC_A/dt)$ maka diperoleh gambar seperti pada Gambar 4.2.



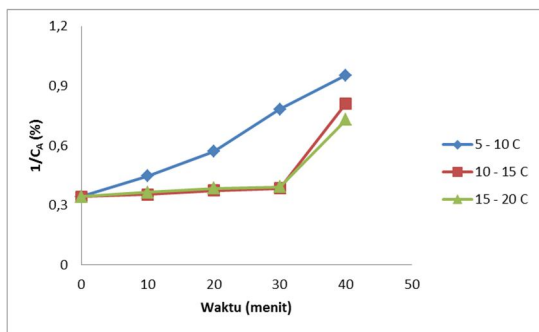
Gambar 4. Hubungan $\ln C_A$ Terhadap Nilai $\ln(-dC_A/dt)$ Pada Suhu 5 – 10 °C

Pada Gambar 4 diplot gambar hubungan $\ln C_A$ terhadap $\ln (-dC_A/dt)$ pada suhu 5 – 10 °C. Grafik ini dilinierkan dan diperoleh persamaan garis lurus $y = 2,0123x - 4,451$. Sesuai dengan persamaan 4.2 didapat nilai α sebesar 2,0123 dan $\ln k_A$ sebesar (-4,451). Oleh sebab itu, diperoleh orde reaksi menjadi 2,0123 dan konstanta kecepatan reaksi (k) = $\exp (-4,451) = 0,012 \text{ (dm)}^3/\text{mol.menit}$.

Penentuan orde reaksi dapat juga dilakukan menggunakan metode integral. Metode ini dipakai apabila orde reaksi sudah diketahui. Dengan asumsi orde dua yang didapat dari metode differensial, maka grafik orde dua digambarkan dengan memplot hubungan antara waktu terhadap $1/C_A$ sehingga diperoleh garis lurus [Fogler, 1999].



Gambar 5. Grafik Orde Dua Metode Integral [Fogler, 1999]



Gambar 6. Hubungan Waktu Dengan $1/C_A$ Reaksi Nitration Limbah Pelepeh Sawit

Berdasarkan Gambar 6 plot antara waktu dengan $1/C_A$ reaksi nitration limbah pelepeh sawit sesuai dengan Gambar 5 grafik reaksi orde dua metode integral. Oleh sebab itu, reaksi nitration limbah pelepeh sawit merupakan reaksi orde dua.

Penentuan Persamaan Arrhenius

Energi aktivasi (E) merupakan energi minimum yang harus dimiliki oleh molekul agar mampu bereaksi. Hanya molekul – molekul yang memiliki energi kinetik lebih besar dari energi aktivasi yang kemudian mampu bereaksi atau dapat membentuk kompleks teraktifkan yang terurai menjadi molekul hasil reaksi. Energi aktivasi (E) dan frekuensi

tumbukan (A) diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius [Fogler, 1999].

$$k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \dots\dots\dots(8)$$

Tabel 1. Data $\ln k$ dan $1/T$ Pada Berbagai Variasi Temperatur

Temperatur	Konstanta Kecepatan Reaksi	$1/T$, (1/Kelvin)	$\ln k$
5 – 10 °C	0,012	0,003565062	-4,451
10 – 15 °C	0,109	0,003502627	-2,219
15 – 20 °C	0,095	0,003442341	-2,354

Berdasarkan Tabel 1 naiknya temperatur reaksi juga menaikkan konstanta kecepatan reaksi. Hal ini disebabkan karena dengan naiknya suhu reaksi maka suplai energi untuk mengaktifkan pereaksi dan tumbukan antar pereaksi akan bertambah sehingga nilai konstanta reaksi akan meningkat [Khairat dan Herman, 2004]; [Utami dkk, 2007].

Nilai konstanta reaksi suhu 15 – 20°C terlihat lebih kecil dari suhu 10 – 15 °C. Hal ini tidak terlalu signifikan dilihat dari besar perbedaan nilai konstanta reaksi sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan temperatur berbanding lurus dengan konstanta kecepatan reaksi. Oleh sebab itu jelas bahwa konstanta reaksi dipengaruhi oleh suhu sistem [Levenspiel, 1999].

Perhitungan nilai energi aktivasi dan tumbukan berdasarkan data suhu terendah 5 – 10 °C dan suhu tertinggi 15 – 20 °C. Persamaan 4.3 dapat dikonversi menjadi log [Fogler, 1999].

$$\log k = \log A - \frac{E}{2,3R} \left(\frac{1}{T}\right) \dots\dots\dots(9)$$

Persamaan 4.4 dapat dibagi atas k_1 yang merupakan konstanta reaksi suhu 5 – 10°C dan k_2 yang merupakan konstanta reaksi suhu 15 – 20°C [Fogler, 1999].

$$\log k_1 = \log A - \frac{E}{2,3R} \left(\frac{1}{T_1}\right) \dots\dots\dots(10)$$

$$\log k_2 = \log A - \frac{E}{2,3R} \left(\frac{1}{T_2} \right) \dots\dots\dots (11)$$

Persamaan 4.5 dan Persamaan 4.6 dibagi dan diperoleh rumus untuk menentukan besar energi aktivasi [Fogler, 1999].

$$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{-E}{2,3R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \dots\dots\dots (12)$$

$$E = - \frac{(2,3)(R) \log(k_2/k_1)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} \dots\dots\dots (13)$$

Berdasarkan Persamaan 4.8 diperoleh energi aktivasi sebesar 33465,034 kal/mol dan frekuensi aktivasi diperoleh dari Persamaan 4.3 sebesar $1,421 \times 10^{24}$ sehingga persamaan Arrhenius:

$$k = 1,421 \times 10^{24} e^{-33465,034/RT} \dots (14)$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Nilai selulosa beta dan gama terkecil pada reaksi nitration limbah pelepah sawit menjadi nitroselulosa dengan penambahan asam nitrat dan asam sulfat diperoleh pada suhu terendah yaitu 5 – 10°C. Hasil perhitungan menunjukkan kinetika reaksi nitration limbah pelepah sawit merupakan orde dua dengan energi aktivasi yang diperoleh sebesar 33465,034 kal/mol dan frekuensi tumbukan $1,421 \times 10^{24}$ sehingga persamaan Arrhenius:

$$k = 1,421 \times 10^{24} e^{-33465,034/RT}$$

Saran

Pada peneliti selanjutnya diharapkan pengaturan suhu reaksi nitration dapat dijaga konstan menggunakan freezer agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

Artati, E. K., Ahmad Effendi, dan Tulus Haryanto, 2009, *Pengaruh*

Konsentrasi Larutan Pemasak Pada Proses Delignifikasi Enceng Gondok Dengan Proses Organosolv, Universitas Sebelas Maret.

Badan Pusat Statistik, 2011, *Perkembangan Beberapa Indikator Utama Sosial – Ekonomi Indonesia*.

Dinas Perkebunan Riau, 2010, *Luas Perkebunan Kelapa Sawit di Provinsi Riau Tahun 2010*.

Fengel, D. dan Wegener, G, 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. Translated from the English by H. Sastrohamidjojo, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Hartati, 1995, *Studi Nitration Selulosa Pada Kapas dan Kapuk*, Skripsi, Universitas Diponegoro

Hartaya, K., 2008, *Pembuatan Nitroselulosa dari Bahan Selulosa sebagai Komponen Utama Propelan Double Base*, Laporan Penelitian, LAPAN.

Hartaya, K., 2009, *Analisis Kurva FTIR untuk Nitroselulosa, Nitrogliserin, dan Propelan Double Base sebagai Dasar Penentuan Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa*, Laporan Penelitian, LAPAN.

Junia, 2011, *Kinetika Reaksi Proses Nitration Reject Pulp*, Skripsi, Universitas Riau.

Khairat dan Herman, S., 2004, *Kinetika Reaksi Hidrolisis Minyak Sawit dengan Katalisator Asam Klorida*, *Jurnal Natur Indonesia*, 6 (2), 118-121.

Levenspiel, O., 1999, Chemical Reaction Engineering, Third Edition, John Wiley and Sons, Singapore.

Padil, 2010, Proses Pembuatan Nitroselulosa Berbahan Baku Biomassa Sawit, Prosiding, ISBN 978-602-96729-0-9, Riau: Universitas Riau.

Pahkala, K.S, 2001, Non – Wood Plants as Raw Material for Pulp and Paper, Finland, Faculty of Agriculture and Forestry, www.thesis.helsinki.fi/english.html [diakses 13 Maret 2012].

Rahmad, A., 2011, Proses Pembuatan Nitroselulosa Dari Reject Pulp Dengan Variasi Waktu Dan Temperatur Nitrasi, Skripsi, Universitas Riau.

Setiabudi, A., 2007, Kinetika web 1 power point. <http://eascience.wordpress.com>. [diakses 16 Januari 2012].

Sjostrom, E., 1995, Kimia Kayu : Dasar - dasar dan Penggunaan, edisi ke - 2, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

SNI, 2009, Pulp – Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma, <http://sisni.bsn.go.id> [diakses 8 Maret 2012].

Tarmansyah, U.S., 2007, Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa, Jakarta Selatan: Puslitbang Indhan Balitbang Dephan.

Utami, T.S., Arbianti, R., dan Nurhasman, D., 2007, Kinetika Reaksi Transesterifikasi CPO Terhadap Produk Metil Palmitat Dalam Reaktor Tumpak, Prosiding,

ISSN 1410 - 5667, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yulia, W., 2011, Hidrolisis Pelelah Sawit Untuk Memurnikan Selulosa – α Menggunakan Larutan Pemasak Dari Ekstrak Abu TKS, Skripsi, Universitas Riau.