

Pra Desain Pabrik Selulosa Asetat dengan Proses Asetilasi Berbahan Baku Alfa Selulosa dan Berkatalis Asam Sulfat

Eugenia Natasha Mandonza Eba, Sagita Friska Pangaribuan dan Siti Zullaikah
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: szullehakim@gmail.com

Abstrak—Selulosa asetat adalah produk turunan yang dihasilkan dari selulosa dan memiliki banyak aplikasi industri, seperti serat tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, pelapis kertas, dan membran. Kebutuhan selulosa asetat di Indonesia terus meningkat, namun industri dalam negeri masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Untuk mengurangi impor, diusulkan pendirian pabrik selulosa asetat di Sidoarjo, yang direncanakan beroperasi pada tahun 2026. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa aspek penting, termasuk pasokan bahan baku, pemasaran, fasilitas transportasi, tenaga kerja, dan pertimbangan strategis serta lingkungan. Pabrik ini akan menggunakan alfa selulosa sebagai bahan baku utama yang diperoleh dari pabrik selulosa yang berlokasi di Sidoarjo, serta bahan baku pendukung lainnya seperti asam asetat, asam sulfat, asam asetat anhidrat, magnesium asetat, dan magnesium sulfat. Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 122.145 ton per tahun, dengan operasi kontinu selama 330 hari per tahun. Proses produksi menggunakan proses asetilasi dengan katalis asam sulfat, melalui beberapa tahap seperti aktivasi selulosa, reaksi asetilasi, hidrolisis, penetralan, dan pengeringan hingga menjadi produk selulosa asetat. Analisis ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan pabrik, termasuk perhitungan *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Pay Out Time (POT)*, dan Analisis Sensitivitas IRR. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan NPV sebesar Rp 1.055.168.655.881, yang menunjukkan bahwa pabrik ini akan menguntungkan jika didirikan. Nilai IRR yang lebih besar dari bunga pinjaman modal ke bank, yaitu 37,34% per tahun, dan periode payback minimal adalah 3 tahun dengan estimasi umur pabrik selama 10 tahun. Dengan demikian, pabrik ini dianggap menguntungkan jika didirikan.

Kata Kunci—Asetilasi, Asam sulfat, Selulosa Asetat.

I. PENDAHULUAN

SELULOSA asetat merupakan salah satu produk turunan yang cukup sering dihasilkan dari selulosa. Selulosa asetat banyak dimanfaatkan oleh industri sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, pelapis kertas, dan membran. Salah satu aplikasi selulosa asetat adalah dari sektor industri tekstil dan *polyester*. Selulosa asetat juga memiliki kualitas yang sangat baik dengan transparansi yang baik, tahan panas, dan penyerapan air yang rendah [1]. Di samping itu, selulosa asetat mempunyai daya tarik yang tinggi karena sifatnya yang *biodegradable* sehingga ramah lingkungan [2]. Selain karakteristik selulosa asetat yang *biodegradable*, terdapat parameter syarat mutu standar nasional dalam selulosa asetat adalah memiliki kadar asetil 29–40 %. Dalam industri benang, parameter standar kadar asetil selulosa asetat dalam *polyester* mencapai 36.5–42.2% [3]. Tabel 1 merupakan data ekspor dan impor selulosa asetat di Indonesia mulai tahun 2010 hingga 2018.

Tabel 1.
Data Ekspor dan Impor Selulosa Asetat di Indonesia

Tahun	Value (\$ M)	
	Ekspor	Impor
2010	0,0164	0,91
2011	0	1,02
2012	0,0073	1,2
2013	0,0079	0,56
2014	0,011	45,81
2015	0,0082	46,17
2016	0	4,27
2017	0,201	12,96
2018	0,0077	14,2

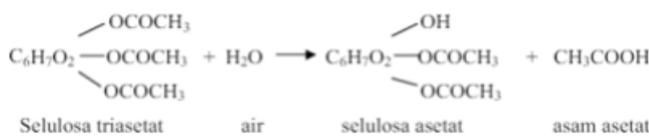
Berdasarkan data ekspor dan impor selulosa asetat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pada tahun 2018 perbandingan data impor pada selulosa asetat memiliki nilai 910.000 USD, jika dibandingkan ekspor dengan nilai 16.000 USD selulosa asetat di Indonesia. Hal ini dikarenakan kebutuhan selulosa asetat di Indonesia memiliki nilai impor yang lebih besar dibandingkan banyaknya selulosa asetat yang di ekspor. Namun, kebutuhan tersebut masih belum dapat ditunjang sepenuhnya oleh industri dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan selulosa asetat di Indonesia. Permintaan selulosa asetat di Indonesia didukung dengan adanya kebutuhan industri di Indonesia yang menggunakan selulosa asetat sebagai bahan baku utama (*raw material*) dalam sebuah proses industri. Berikut merupakan data perusahaan industri yang menggunakan selulosa asetat di Indonesia.

Pada tahun 2021 total kebutuhan impor selulosa asetat yang dibutuhkan Indonesia mencapai 24.797 kg[4]. Dengan banyaknya permintaan pasar selulosa asetat di Indonesia baik dari dalam negeri maupun luar negeri, sehingga Indonesia perlu menambah pembangunan industri selulosa asetat.

Berdasarkan peraturan pemerintah yang mendukung adanya pengolahan barang setengah jadi yakni selulosa dalam memenuhi kebutuhan bahan baku industri di Indonesia. Pengolahan barang setengah jadi seperti selulosa di Indonesia dapat menghasilkan produk berupa eter selulosa dan ester selulosa. Produk eter selulosa seperti CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) pada tahun 2021 sudah dapat memenuhi kebutuhan industri di Indonesia. Hal ini didukung data dari Badan Pusat Statistika, bahwa CMC dan selulosa eter dapat melakukan ekspor sebanyak 194.644 kg ke berbagai negara. Sedangkan ekspor pada selulosa asetat pada tahun 2021 masih sebanyak 1.516 kg. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah ekspor untuk selulosa asetat lebih sedikit dibanding dengan ekspor produk eter selulosa seperti CMC. Didukung dengan ketersediaan selulosa yang memiliki potensi yang melimpah di Indonesia mencapai 4,8 juta ton per tahun. Oleh karena itu, pertimbangan pabrik selulosa asetat merupakan langkah yang tepat dalam memenuhi kebutuhan selulosa asetat serta meningkatkan jumlah ekspor dan mengurangi

Tabel 2.

Data Perusahaan yang Menggunakan Selulosa Asetat di Indonesia	
Pabrik ^a	Aplikasi
PT Indorama Polyester Industries Indonesia (IPII)	Produksi benang (<i>polyester filament</i>)
PT Indorama Ventures Indonesia (IVI)	Serat (<i>polyester fiber</i>), benang (<i>polyester filament</i>) dan pelet/chip (<i>polyester chip</i>)
PT Mikra Modana	Industri tekstil
PT Sinar Para Taruna	Industri tekstil
PT Mayer Indah Indonesia	<i>Polyester, polipropilen, nilon</i>
PT Kusuma Sandang Mekar Jaya	<i>Polyester, kain katun, kain kanvas</i>
PT Indo Bharat Rayon	Serat rayon
PT South Pasific Viscous	Serat rayon, kristal Na ₂ SO ₄ (Natrium sulfat anhidrat)
Buana Mahayana Sakti Filterrods	Filter rokok
PT Gudang Garam Tbk	Produksi rokok
PT HM Sampoerna Tbk	Produksi rokok
PT Wisnilak Inti Makmur Tbk	Produksi rokok



Gambar 1. Reaksi asetilasi selulosa.

jumlah impor yang meningkat dari tahun ke tahun. Data perusahaan yang menggunakan selulosa asetat tertera pada Tabel 2.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

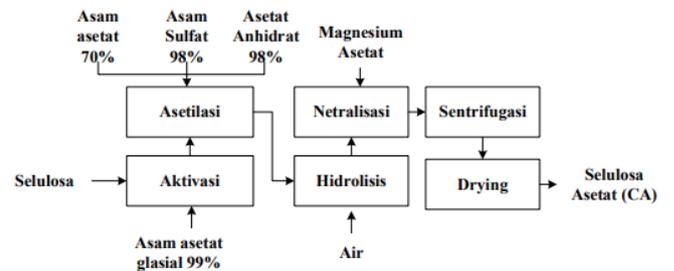
A. Seleksi Proses

Selulosa merupakan biopolimer alami yang sangat berlimpah di alam dan tidak larut dalam air dan pelarut – pelarut organik, karena memiliki ikatan hidrogen yang kuat, baik intramolekul maupun antarmolekul [2]. Selulosa juga merupakan salah satu jenis polisakarida yang tersusun dari molekul glukosa dalam bentuk rantai panjang tidak bercabang yang mirip dengan amilosa. Bagaimanapun, unit-unit dari glukosa dalam selulosa terikat pada ikatan β-1,4-ikatan glikosidik. Isomer β tidak membentuk gulungan seperti isomer α, tetapi selaras dalam berbasis paralel oleh ikatan hidrogen diantara kelompok hidroksil pada rantai yang berdekatan. Hal ini yang menyebabkan selulosa juga tidak dapat larut dalam air. Oleh sebab itu, dilakukan proses modifikasi struktur pada selulosa agar dapat larut dalam air dan pelarut organik (alkohol, eter, ester, etil asetat, dan sebagainya) sehingga turunannya banyak di aplikasikan di berbagai bidang. Secara umum, proses modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat hanya dapat dilakukan dengan cara esterifikasi (asetilasi) terhadap gugus hidroksil dari selulosa [1].

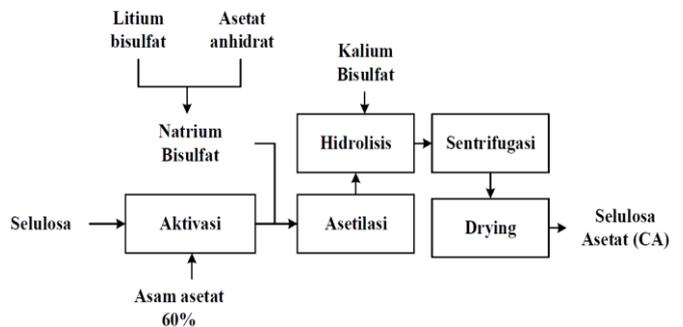
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi reversibel, sehingga ester yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi yang memiliki jumlah asam yang tidak bereaksi tidak tahan terhadap upaya untuk menghilangkan air dari campuran reaksi esterifikasi. Esterifikasi selulosa oleh asam organik anhidrid dalam larutan pelarut yang sesuai dimudahkan dengan penggunaan katalis.

B. Asam Sulfat

Proses pembuatan selulosa asetat yang terdiri dari asam asetat 70%, asam sulfat 98%, asetat anhidrat 98%, asam asetat glasial 99%, air dan magnesium asetat. Proses pembuatan diawali dengan aktivasi α-selulosa ditambahkan



Gambar 2. Diagram Blok Esterifikasi (Asetilasi) dengan Katalis Asam Sulfat.

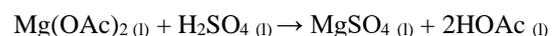


Gambar 3. Diagram Blok Esterifikasi (Asetilasi) dengan Katalis Bisulfat.

asam asetat glasial sebanyak 35% dari jumlah α-selulosa. Selanjutnya adalah proses asetilasi dengan menambahkan asam asetat 70% sebanyak 438% dan asetat anhidrat 98% sebanyak 247% dari berat α-selulosa, asam sulfat 98% sebanyak 3,8% dari laju alir feed α-selulosa selama 1 jam. Berikutnya adalah langkah hidrolisis dengan menambahkan air sebanyak 71% dari berat α-selulosa sehingga terbentuk serpihan padatan (*flake*) selulosa asetat, dimana proses ini berlangsung selama 2 jam. Kemudian dilakukan proses netralisasi dengan menambahkan larutan magnesium asetat 38% [4].

Asetilasi dimaksudkan untuk mereaksikan selulosa dengan anhidrida asetat dan asam sulfat untuk menggantikan gugus asetat untuk gugus hidroksil, menyebabkan pembentukan ikatan hidrogen dalam selulosa. Reaksi asetilasi selulosa berlangsung menurut mekanisme tertera pada Gambar 1.

Kemudian dilakukan proses netralisasi dengan menambahkan larutan magnesium asetat 38% sebanyak 16% dari jumlah α-selulosa yang cukup secara substansial untuk menetralkan asam sulfat yang ditambahkan pada langkah kedua dari prosedur asetilasi dan memungkinkan massa untuk berada pada kondisi hidrolisis sampai selulosa asetat terlarut. Tujuan dari adanya proses netralisasi adalah untuk menghilangkan sisa-sisa asam sulfat yang masih ada dalam campuran dengan menggunakan *neutralizing agent* magnesium sulfat. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada proses netralisasi.



Setelah proses netralisasi dilanjutkan dengan proses sentrifugasi untuk pemurnian produk dengan cara memisahkan padatan selulosa asetat dari fase cairnya dan mengeringkan padatan selulosa asetat. Dalam memisahkan padatan selulosa asetat dengan fase cairnya dilakukan sentrifugasi dengan efisiensi alat sebesar 98%. Endapan berupa selulosa asetat dalam bentuk serpihan padatan (*flake*) kemudian dikeringkan dengan menggunakan *rotary dryer* untuk menghilangkan kadar air dalam selulosa asetat sehingga menjadi produk selulosa asetat.

Tabel 3.
Perbandingan Katalis Proses Esterifikasi (Asetilasi)

No	Spesifikasi	Bisulfate	Asam Sulfat
1	Kondisi Operasi Aktivasi		
	Waktu	2 – 3 jam	1,5 jam
2	Kondisi Operasi Asetilasi		
	Waktu	0,5 jam	0,5 jam
3	Kondisi Operasi Hidrolisis		
	Waktu	1,5 jam	2 jam
4	Harga beli (Rp/ton)	(47 – 70,5) juta	(22 – 28,2) juta
	Supplier	PT. Petrakemindo Pratama Mandiri (Tangerang, Jawa barat)	PT. Smelting (Gresik, Jawa Timur)
6	Karakteristik Produk	yield produk 38% kadar asetil 28,41 % derajat substitusi 1,4	yield produk 49 % kadar asetil 39,97 % derajat substitusi 2,5 Penggunaan asam sulfat dapat mempercepat proses depolimerisasi selulosa dan menghasilkan selulosa triasetat yang tahan terhadap panas
	Kelebihan	Penggunaan bisulfate mampu menghasilkan selulosa asetat primer yang halus Penggunaan bisulfat mampu mencegah berkurangnya <i>intrinsic viscosity</i> dan berat molekul dari produk selulosa asetat akibat suhu asetilasi yang tinggi	Agen asetilasi yang digunakan untuk industri yaitu anhidrida asam asetat yang lebih murah, tidak mudah dihidrolisis, dan reaksinya tidak berbahaya

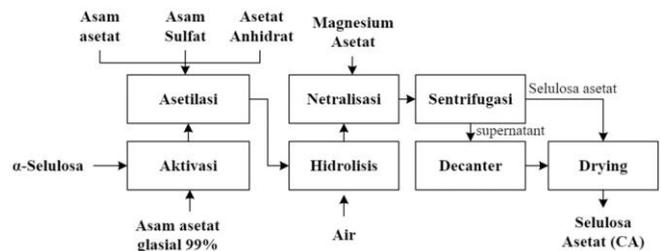
Pada proses pembentukan selulosa asetat, gugus -OH pada senyawa selulosa mengalami substitusi. Reaksi asetilasi selulosa menggunakan asam sulfat sebagai katalis. Kehadiran asam sulfat akan bereaksi dengan asam asetat anhidrid membentuk *acetylsulfuric-acid* terhadap gugus hidroksil (-OH) pada selulosa sehingga terbentuk selulosa asetat. Gambar 2 adalah blok diagram proses pembuatan selulosa asetat berkatalis asam sulfat.

C. Bisulfat

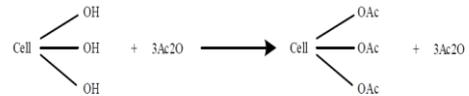
Katalis bisulfat dipilih dari litium bisulfat (HLiO₄S), natrium bisulfat (NaHSO₄), dan kalium bisulfat (KHSO₄). Litium bisulfat mudah larut dalam air, larutannya sangat asam di alam. Ini lebih asam daripada NaHSO₄ dalam lithium bisulfate terdapat kandungan logam. Logam larut dalam larutan HLiSO₄ untuk menghasilkan campuran logam sulfat dan litium sulfat yang sesuai dengan evolusi hydrogen.

Natrium Bisulfat adalah garam asam (larutan asam yang dihasilkan setelah garam dilarutkan dalam pelarut) yang dihasilkan dengan netralisasi parsial asam Sulfat (H₂SO₄) dengan jumlah yang setara dengan basa natrium, pada dasarnya dalam bentuk natrium hidroksida (NaOH) atau natrium klorida (NaCl). Anhidrat sedang higroskopis di alam. Larutan Natrium Bisulfat bersifat asam dengan nilai pH 1 untuk setiap larutan 1 M. Natrium bisulfat bersifat korosif terhadap logam dan jaringan dan juga larut dalam air.

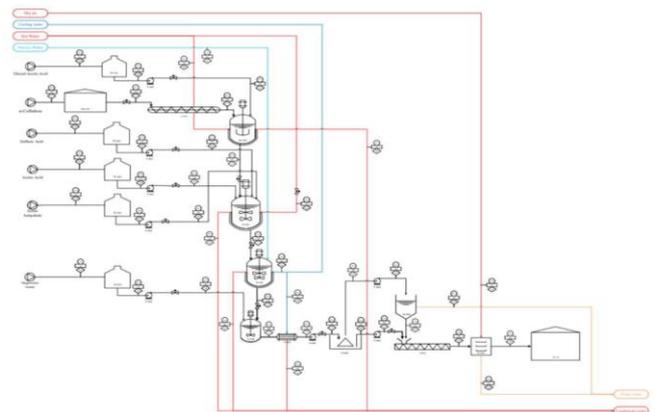
Kalium bisulfat terbuat dari netralisasi parsial basa kalium. Ini adalah padatan kristal putih tidak berbau yang mulai terurai pada titik lelehnya. Kalium bisulfat biasanya dibuat dengan memanaskan kalium sulfat (K₂SO₄) dengan asam sulfat. Asam menyediakan hydrogen yang dibutuhkan untuk mengubah garam (K₂SO₄) menjadi garam asam yang sesuai (KHSO₄).



Gambar 4. Diagram Blok Pengolahan Selulosa Asetat.



Selulosa + asetat anhidrid → Selulosa triasetat + Asam asetat
Gambar 5. Reaksi pada asetilasi.

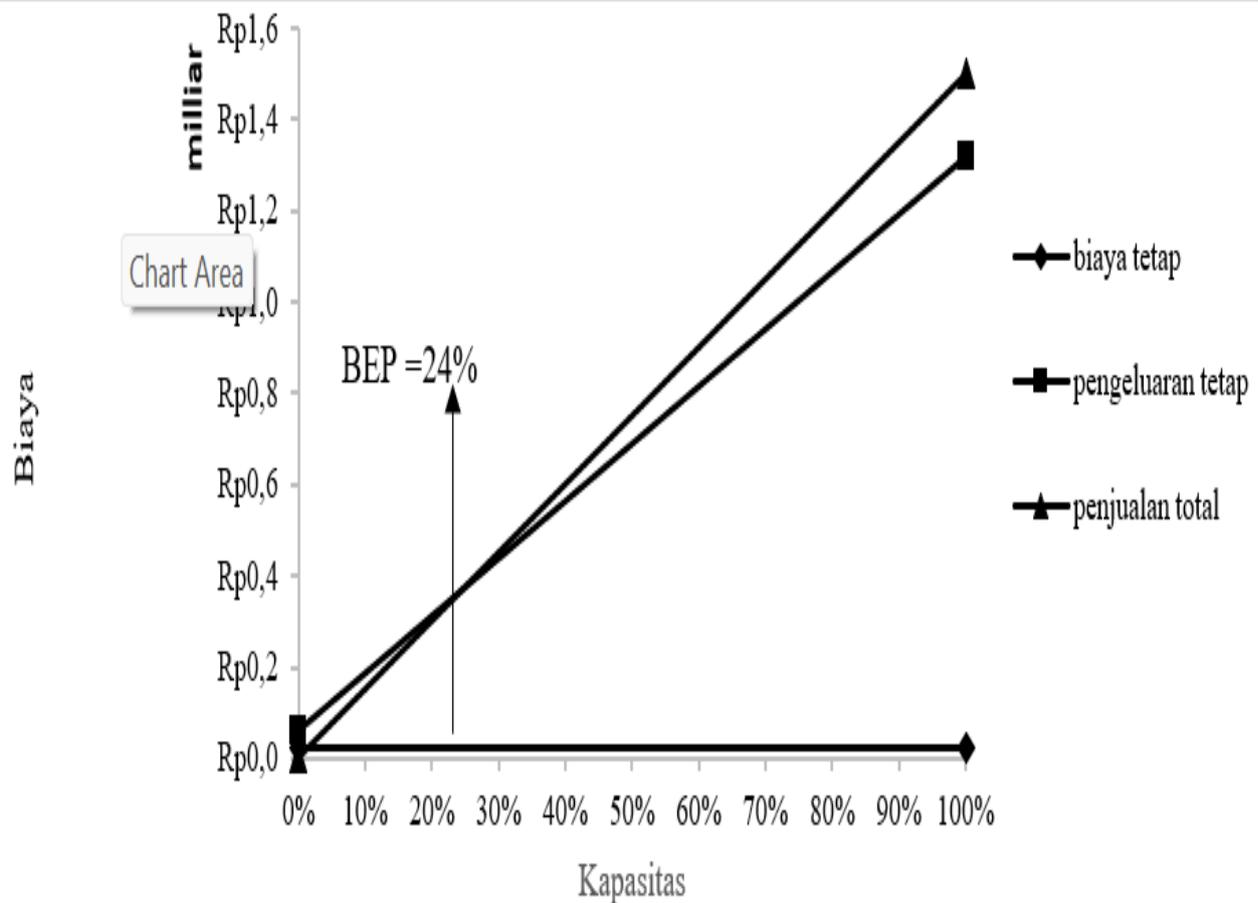


Gambar 6. Process Flow Diagram Pabrik Selulosa Asetat

Proses pembuatan selulosa dengan katalis bisulfat dilakukan dengan mempersiapkan jenis α-selulosa yang memiliki kadar 97 – 99% sebanyak 40% dari jumlah selulosa yang akan digunakan. Kemudian di aktivasi selama 2 – 3 jam dengan menggunakan asam asetat 60%. Kemudian katalis bisulfat pekat ditambahkan sebanyak 10 – 30% berat selulosa yang digunakan dengan kondisi temperatur 90°C selama 30 menit ketika proses asetilasi. Katalis bisulfat dipilih dengan mereaksikan natrium bisulfat ditambahkan asetat anhidrat dengan temperature 70 – 85°C sebelum masuk ke dalam reaktor asetilasi [4].

Senyawa bisulfat dengan atau tanpa tambahan sedikit asam Bronsted kuat sangat efektif mengkatalisis asetilasi selulosa. Dalam proses ini, suhu yang lebih tinggi dapat digunakan untuk sepenuhnya mengasetilasi selulosa tanpa menyebabkan degradasi berlebihan dari polimer selulosa. Ini kontras dengan proses asetilasi konvensional yang membutuhkan pendinginan untuk menghindari kehilangan berat molekul produk yang berlebihan.

Keuntungan menggunakan katalis bisulfat ini adalah proses asetilasi menghasilkan selulosa asetat primer yang halus dan pada dasarnya bebas gel dalam larutan asam asetat. Suhu asetilasi sesuai dengan proses ini dapat bervariasi dari sekitar 40°C sampai sekitar 90°C, tergantung pada jumlah katalis dan ko-katalis yang digunakan. Secara umum, tidak diperlukan pendinginan eksternal selama reaksi asetilasi. Gambar 3 adalah blok diagram proses pembuatan selulosa asetat berkatalis bisulfat. Berdasarkan aspek teknis pada Tabel 3 yang memaparkan kondisi operasi dan kelebihan pada masing – masing teknologi proses, maka diambil proses esterifikasi (asetilasi) dengan katalis asam sulfat.



Gambar 5. Breakeven Point (BEP).

Setelah melakukan perbandingan seleksi proses, maka proses yang dipilih untuk pengolahan selulosa asetat adalah proses asetilasi dengan katalis asam sulfat. Diagram blok pengolahan selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada proses pembuatan selulosa asetat, salah satu tahapan yang ada yaitu asetilasi dengan menambahkan bahan penunjang yaitu asam asetat dan anhidrida asetat, dimana reaksi asetilasi selulosa menggunakan asam sulfat sebagai katalis. Proses asetilasi selulosa bertujuan untuk menggantikan sebagian atau semua gugus hidroksil (OH) pada molekul selulosa dengan gugus asetil dari anhidrida asetat sehingga membentuk selulosa asetat.

Tahap pertama adalah menampung bahan baku berupa α -selulosa ke dalam *storage* (SG-111). Selanjutnya, padatan α -selulosa menuju *screw conveyor* (J-112) untuk dibawa ke tangki aktivasi (M-110). Dalam pembuatan selulosa asetat yang dimulai dengan α -selulosa, α -selulosa yang dipasok ke pabrik adalah padatan yang berupa bubuk. α -selulosa memiliki sifat tidak larut untuk membentuk komposisi yang mampu mengalami asetilasi, oleh karena itu α -selulosa dicampur dengan asam asetat glasial sebagai pelarut agar dapat terlarut sempurna. Tahapan ini harus disiapkan untuk langkah asetilasi dalam langkah sebelumnya yang biasanya disebut sebagai aktivasi.

Pada proses aktivasi ditambahkan asam asetat glasial sebagai aktivator sebanyak 35% dari jumlah selulosa yang menyebabkan pengembangan serat-serat selulosa sehingga didapatkan luas permukaan selulosa yang besar yang

mempermudah asam sulfat berdifusi dan akan membantu meningkatkan reaktivitas selulosa asetat terhadap reaksi asetilasi. Kondisi operasi unit tangki aktivasi adalah 50°C dengan pengadukan selama 30 menit. Fasa pada proses ini adalah bubur (*slurry*). Menurut Kuo et.al selulosa dapat dilarutkan dalam asam asetat glasial berair pada suhu sekitar 25°C - 50°C sekitar 30 hingga 60 menit [5].

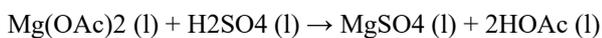
Selanjutnya, selulosa yang telah diaktivasi dialirkan ke *acetylation reactor* (R-110) yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pemanas dengan memasukkan komponen tambahan berupa asam asetat dari tangki penyimpanan (TK-341) dipompakan sebanyak 438% dari berat selulosa menuju reaktor, asetat anhidrid dari tangki penyimpanan (TK-441) dipompakan sebanyak 247% menuju reaktor asetilasi, serta katalis asam sulfat pekat 98% dari tangki penyimpanan (TK-241) dipompakan sebanyak 3,8% menuju reaktor. Kondisi operasi dalam reaktor adalah 50°C. Proses asetilasi selulosa bertujuan untuk mensubstitusi gugus hidroksil (OH) pada selulosa dengan gugus asetil dari anhidrida asetat sehingga membentuk selulosa asetat. Katalis asam sulfat digunakan untuk mempercepat reaksi antara gugus hidroksil pada selulosa asetat dengan asetat anhidrid.

Reaksi Asetilasi sebaiknya berjalan pada rentang suhu antara 40°C sampai 50°C, jika suhu lebih rendah akan mengakibatkan reaksi berjalan dengan laju reaksi yang lambat. Jika reaksi dijalankan pada suhu 50°C atau lebih, maka akan memungkinkan bahan untuk lebih mudah menguap dan sebagian lagi terpapar panas. Sehingga

mengakibatkan bahan yang tersisa menjadi rusak dan mengurangi jumlah dari hasil reaksi. Gambar 5 adalah reaksi yang terjadi pada proses asetilasi.

Setelah proses asetilasi, produk hasil reaktor asetilasi (R-110) selanjutnya dihidrolisis pada reaktor hidrolisis (R-210) pada suhu 120°C selama 2 jam dengan penambahan air sebanyak 71% dari berat selulosa lalu diaduk secara perlahan sehingga akan terbentuk padatan (*flake*) selulosa asetat. Proses hidrolisis bertujuan untuk mematangkan (*ripening step*) selulosa triasetat menjadi selulosa asetat serta menghentikan reaksi asetilasi dan menghidrolisis seluruh sisa asetat anhidrid membentuk asam asetat. Pada reaktor hidrolisis, seluruh selulosa triasetat dihidrolisis oleh air menjadi selulosa asetat dan reaksi yang terjadi pada proses ini tertera pada Gambar 1.

Setelah melalui proses hidrolisis, produk keluaran reaktor hidrolisis dialirkan menuju tangki netralisasi (V-310). Produk keluaran unit ini dialirkan ke tangki netralisasi dengan tujuan untuk menetralkan asam sulfat dalam campuran dengan menambahkan magnesium asetat 38% ke dalam tangki netralisasi (V-310). Larutan magnesium asetat 38% sebanyak 16% dari jumlah selulosa dipompakan dari (TK-311) menuju tangki netralisasi. Larutan magnesium asetat berfungsi sebagai *neutralizing agent* untuk menghilangkan sisa-sisa asam sulfat yang masih ada dalam campuran. Berikut reaksi yang terjadi di proses netralisasi.



Setelah dinetralkan, campuran dari tangki netralisasi dialirkan menggunakan pompa (P-502) menuju *centrifuge* (H-440) untuk dilakukan pemisahan yang terlebih dahulu dialirkan menuju *cooler* (C-350) untuk menurunkan suhu produk menjadi 30°C. *Centrifuge* bekerja untuk memisahkan padatan selulosa asetat dari fase cairnya dengan efisiensi alat sebesar 98%. Endapan berupa selulosa asetat dalam bentuk serpihan padatan (*flake*) di pompa (P-503) menuju *screw conveyor* (J-512) kemudian dikeringkan dengan menggunakan *rotary dryer* (RD-750), sedangkan larutan sisa masuk ke dalam dekanter (TK-550) untuk proses *recovery* asam asetat menggunakan pompa (P-504). Proses pengeringan bertujuan untuk menghilangkan moisture dalam padatan selulosa asetat yang telah terbentuk.

Rotary dryer (RD-750) dioperasikan pada tekanan 1 atm dengan suhu 30°C dengan menggunakan fluida udara kering sebagai media pemanasnya karena mampu menyerap air yang membasahi material sampai kering dalam waktu yang lebih singkat. Setelah proses pengeringan, selulosa asetat dipindahkan menuju *storage* selulosa asetat (SG-721). Proses flow diagram pabrik selulosa asetat tertera pada Gambar 6.

III. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

A. Neraca Massa

Untuk memproduksi selulosa asetat dengan proses asetilasi menggunakan pengolahan bahan baku α -selulosa dengan operasional produksi batch, dibutuhkan 10156,182 kg/jam. Air untuk keperluan hidrolisis 35,547 kg/jam dan asam asetat glasial 3519,117 kg/jam. Dalam reaktor acetylation dibutuhkan Asetat anhidrat 4584,054 kg/jam, Asam asetat 501,715 kg/jam, Asam Sulfat 378,316 kg/jam. Magnesium asetat dengan kebutuhan 617,496 kg/jam. Adapun produk

yang dihasilkan berupa selulosa asetat sebesar 155422,350 kg/jam.

B. Neraca Energi

Dalam pengolahan ini membutuhkan energi panas sebesar 10766367 kJ dan membutuhkan power sebesar 23.72 Hp.

IV. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan analisis ekonomi untuk rancangan pabrik Selulosa Asetat Berbahan Baku Alfa Selulosa dan berkatalis Asam Sulfat. Perhitungan ekonomi ini mencakup penggunaan modal sendiri sebesar 60% dan modal pinjaman bank sebesar 40%. Dengan bunga bank 9.25% per tahun dari Bank BCA dan laju inflasi 2.72% per tahun, masa konstruksi pabrik diperkirakan selama 3 tahun. Pembayaran modal pinjaman dilakukan secara diskrit dengan pembayaran pada awal tahun pertama dan kedua untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka, dan sisa modal pinjaman dibayarkan pada akhir tahun ketiga masa konstruksi. Gambar 7 menunjukkan BEP. Dari analisa ekonomi didapatkan data sebagai berikut:

1. Total Investasi : Rp 239,050,106,542.19
2. Fixed Capital Investment (FCI) :Rp 77,442,553,944.06
3. Working Capital Investment (WCI) :Rp 14,043,045,574.34.
4. Total Production Cost (TPC) : Rp 1,321,129,127,486.8.
5. NPV (Net Present Value) : Rp 1,055,168,655,881
6. IRR (Internal Rate of Return) : 37,34% per tahun
7. Return of Investment : 26.66%
8. Pay Out Time (POT) : 3 tahun
9. Break Even Point : 24%

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu perencanaan operasi : Batch, 24 jam/hari, 330 hari/ tahun, Kapasitas Produksi : 122145 Ton/tahun, Kebutuhan Bahan Baku diantaranya α -Selulosa sebesar 98139,186 ton/tahun, Asam asetat sebesar 34348,719 ton/tahun, Asam sulfat sebesar 3729,289 ton/tahun. Air 69678,822 ton/tahun, Asam asetat glasial 34005,227 ton/tahun. Anhidrida asetat 242403,785 ton/tahun, Magnesium asetat : 15702,269 ton/tahun, Umur Pabrik adalah 20 tahun dengan Masa Konstruksi selama 3 tahun. Analisa Ekonomi diantaranya pembiayaan. Struktur Permodalan modal Sendiri 60%, Modal Bank 40%, Bunga Bank 9.25%. Total Investasi (TCI) sebesar Rp239,050,106,542.19 dan Total Production Cost (TPC) sebesar Rp 1,321,129,127,486.80. selanjutnya penerimaan Hasil Penjualan : Rp 1,502,386,099,287.45. Rehabilitas Perusahaan yaitu Laju pengembalian Modal (IRR) : 37,34% Waktu Pengembalian Model (POT) selama 3 tahun

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Kamel, Samir and Ali, K. Jahangir, S. Shah, and A. El-Gendy, "Pharmaceutical significance of cellulose: A review," *Express Polym Lett*, vol. 2, no. 11, pp. 758–778, 2008.
- [2] F. A. Souhoka and J. Latupeirissa, "Sintesis dan karakterisasi selulosa asetat (ca) synthesis and characterization of cellulose acetate (ca)," *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 58–62, 2018.
- [3] F. rufian Pasla, "Pencirian Membran Selulosa Asetat Berbahan Dasar Selulosa Bakteri dari Limbah Nanas.," Departemen Kimia: IPB

- University, 2006.
- [4] M. Yamashita and K. Shima. 1986. "Process For Preparing Cellulose Acetate." Unites State Patent. USA. 4,590,266.
- [5] I. Utami, A. Hasan, and R. Junaidi, "Sintesis dan karakterisasi selulosa aasetat dari a-selulosa fiber cake kelapa sawit.," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 1, no. 9, pp. 357--364, 2021.