

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

PRARANCANGAN PABRIK SELULOSA ASETAT

DARI SELULOSA DAN ASETAT ANHIDRID

DENGAN PROSES ASETILASI

KAPASITAS 25.500 TON PER TAHUN



Oleh :

ASRINING PRAHASTUTI

D 500 010 110

Dosen Pembimbing

1. Dr.Ir. H.Ahmad M. Fuadi, M.T.
2. Agung Sugiharto, S.T., M.Eng

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

SURAKARTA

2010



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Selulosa asetat merupakan ester asam organik dari selulosa yang telah lama dikenal di dunia. Produksi selulosa asetat adalah yang terbesar dari semua turunan selulosa. Selulosa asetat pertama kali dikenalkan oleh Schutzenberger pada tahun 1865. Pada 1879, Franchimont melaporkan penggunaan asam sulfat sebagai katalis untuk asetilasi, di mana katalis ini masih sangat biasa digunakan untuk produksi selulosa asetat secara komersial. Proses pembuatan selulosa asetat selanjutnya disempurnakan oleh Miles (1904) dan Bayer (1906), selanjutnya di bawah pengawasan Camille dan Henri Dreyfus untuk pertama kalinya direalisasikan proses selulosa asetat dengan besar di Inggris. (Ullman's,2002)

Selulosa asetat banyak digunakan untuk berbagai macam hal, yaitu sebagai bahan untuk pembuatan benang tenunan dalam industri tekstil, sebagai filter pada rokok, bahan untuk lembaran-lembaran plastik, film dan juga cat. Oleh karena itu selulosa asetat merupakan bahan industri yang cukup penting peranannya. (Kirk Othmer,1994)

Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik, kebutuhan selulosa asetat di Indonesia masih dipenuhi dengan mengimpor dari luar negeri, yaitu dari Jepang, Singapura, Amerika, Belanda, Jerman, Swedia, Italia, Perancis, dan Spanyol. Dan Indonesia sebagai salah satu negara penghasil tekstil terbesar di dunia, ketergantungan akan selulosa asetat dari negara lain ini tidaklah menguntungkan, karena jika timbul gejolak harga di negara lain maka harga barang-barang yang menggunakan selulosa asetat sebagai bahan baku akan ikut terpengaruh.

Sehubungan dengan hal tersebut maka sangatlah tepat jika pemerintah mengambil kebijakan di sektor industri yang pada hakekatnya bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, menghemat devisa dan membuka lapangan kerja bagi masyarakat yaitu



dengan membangun industri-industri baru yang produknya dapat menggantikan peranan bahan-bahan impor. Dengan demikian, pendirian pabrik selulosa asetat di Indonesia dapat dilaksanakan karena didukung oleh:

1. Kebutuhan akan selulosa asetat yang semakin meningkat dari tahun ke tahun.
2. Banyaknya tenaga kerja yang memerlukan penyaluran sehingga dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat menyerap tenaga kerja dan mengurangi pengangguran.

1.2 Kapasitas Perancangan

Kapasitas rancangan pabrik selulosa asetat direncanakan dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Meningkatnya kebutuhan akan selulosa asetat bagi industri di Indonesia.

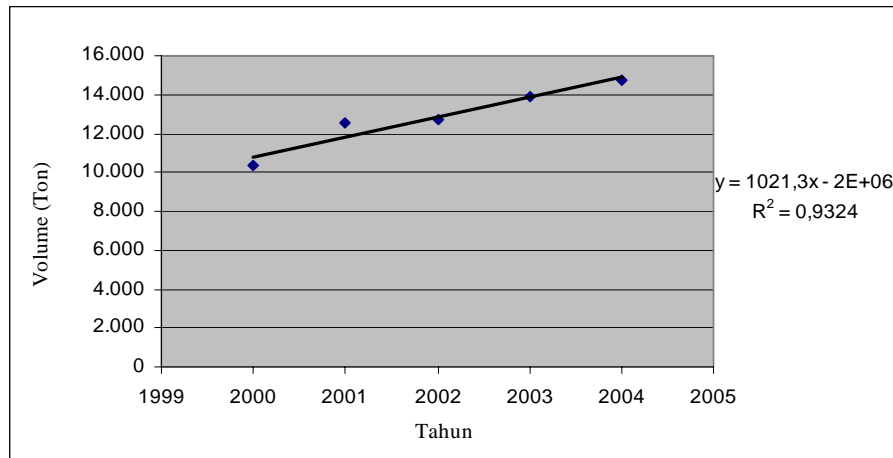
Dalam perkembangannya, kebutuhan selulosa asetat di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data impor selulosa asetat di Indonesia

Tahun	Volume (ton)
2000	10.327
2001	12.518
2002	12.679
2003	13.897
2004	14.744

Sumber : BPS Jakarta

Dari data pada Tabel 1.dapat dibuat regresi linier hubungan antara tahun dengan impor selulosa asetat.



Gambar 1. Regresi linier hubungan antara tahun dengan impor selulosa asetat

Persamaan hasil regresi linier yang diperoleh yaitu:

$$y = 1021,3 x - 2 \cdot 10^6 \dots\dots\dots(1)$$

Pada tahun 2014 saat pembuatan pabrik selulosa asetat diperkirakan,

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan impor (ton/tahun)} &= 1021,3 x - 2 \cdot 10^6 \\ &= 1021,3 (2014) - 2 \cdot 10^6 \\ &= 56.898,200 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Sehingga untuk mengurangi impor selulosa asetat dan memenuhi sebagian kebutuhan selulosa asetat di Indonesia maka kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan sebesar 25.500 ton/tahun.

Kebutuhan selulosa asetat yang terus bertambah tersebut masih dipenuhi dengan jalan mengimpor dari luar negeri, yaitu dari Jepang, Singapura, Amerika, Belanda, Jerman, Swedia, Italia, Perancis, dan Spanyol.

2. Skala komersial

Penentuan kapasitas pabrik selulosa asetat juga didasarkan pada pabrik selulosa asetat yang telah berdiri di berbagai negara seperti USA, Eropa, dan Jepang. Kapasitas maksimum untuk pabrik selulosa asetat yang pernah berdiri adalah 6.000-70.000 ton/tahun.

(Mc. Ketta,1982)



Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor di atas maka dirancang pendirian pabrik selulosa asetat pada 2014 dengan kapasitas produksi 25.500 ton/tahun. Dimana dengan kapasitas tersebut diharapkan :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang akan terus meningkat.
2. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri yang menggunakan selulosa asetat sebagai bahan baku, seperti industri pelapisan, filter pada rokok, daun plate, tekstil, dll.
3. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar, karena berkurangnya impor selulosa asetat dan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan proses suatu pabrik, di antaranya adalah tersedianya bahan baku, pemasaran produk, tersedianya tenaga kerja, utilitas (sumber air dan tenaga listrik), iklim, kebijakan pemerintah mengenai kawasan industri, pajak peraturan, serta sarana komunikasi. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka lokasi pabrik selulosa asetat dipilih di kawasan industri Cilegon dengan pertimbangan sebagai berikut:

1.3.1 Faktor Primer

Faktor ini langsung mempengaruhi tujuan utama dari pendirian pabrik. Tujuan utama meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen dengan tingkat harga yang wajar sedangkan pabrik masih mendapat keuntungan dalam jumlah yang cukup.

1. Sumber bahan baku

Suatu pabrik dapat beroperasi atau tidak sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku. Karena itulah bahan baku sangat utama



dalam pengoperasian pabrik. Pabrik selulosa asetat menggunakan bahan baku selulosa dan asetat anhidrid. Asetat anhidrid masih diimpor dari luar negeri yaitu Singapura sehingga pembelian secara impor mudah dilakukan sebab daerah Cilegon letaknya dekat dengan pelabuhan. Selulosa dibeli dari PT. Indo Bharat Rayon, dan asam asetat dibeli dari PT. Acidatama.

2. Pemasaran produk

Cilegon berada di propinsi Banten, mempunyai posisi yang strategis yaitu mempunyai batas laut yang dekat dengan perdagangan internasional di Asia yaitu Singapura, Malaysia, Cina dan India serta wilayah daratannya berbatasan langsung dengan DKI Jakarta dan terletak di kota-kota besar di pulau Jawa, Sumatra, dan Kalimantan sehingga daerah pemasarannya sangat baik. (Anonim c,2009)

3. Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Fasilitas transportasi meliputi: darat (jalan raya), laut (terdapat dua pelabuhan yaitu pelabuhan Banten-Merak, dan pelabuhan Karangantu) dan udara. Dengan adanya jalur transportasi ini maka hubungan antar daerah diharapkan tidak mengalami hambatan

4. Utilitas

Fasilitas yang terdiri dari penyediaan air, bahan bakar, dan listrik mengharuskan lokasi pabrik dekat dengan sumber tersebut. Kebutuhan pabrik akan air sangat besar, untuk itu diperlukan lokasi yang cukup. Cilegon merupakan daerah yang memiliki sumber air yang relatif besar jika dibandingkan dengan daerah-daerah lainnya. Kebutuhan akan air dapat diperoleh dari air laut. Untuk kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari depot PERTAMINA. Dan untuk kebutuhan akan listrik didapat dari PLN atau *steam power plant*.

5. Tenaga Kerja



Tenaga kerja ahli (*skilled labour*) tidak mudah didapatkan di setiap daerah tapi biasanya banyak berada di daerah yang dekat dengan pusat-pusat pendidikan. Tenaga kerja merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Pemerataan tenaga kerja serta pemberian ongkos atau gaji yang cukup disesuaikan dengan pendidikan dan keterampilan yang dimiliki.

6. Iklim

Iklim yang terlalu panas akan mengakibatkan diperlukannya peralatan pendingin yang lebih banyak sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan berakibat bertambahnya biaya konstruksi pabrik sebab diperlukan perlindungan khusus pada alat-alat proses. Di daerah Cilegon merupakan daerah tropis sehingga memiliki iklim yang kering dengan curah hujan yang cukup tinggi. Sehingga Cilegon sangat cocok untuk dijadikan lokasi pabrik selulosa asetat.

7. Sarana Komunikasi

Komunikasi merupakan faktor yang penting untuk kemajuan suatu industri di daerah Cilegon khususnya kawasan industri Cilegon. Kota Cilegon memiliki sarana pendukung antara lain sarana pembangkit tenaga listrik, air, gas, dan fasilitas telekomunikasi yang mudah didapatkan.

1.3.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder meliputi:

a. Harga tanah dan bangunan

Harga tanah di sini telah diatur oleh pemerintah dan ditetapkan sebagai kawasan industri. Luas tanah yang diperlukan untuk pendirian pabrik selulosa asetat ini diperkirakan sebesar 3050 m². Harga tanah belum mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Untuk daerah yang jauh dari pemukiman penduduk harga tanah masih berkisar Rp.500.000/m².

(Anonim c,2009)



b. Kemungkinan perluasan pabrik

Daerah Cilegon merupakan daerah dengan jumlah penduduk yang relatif banyak, tetapi sebagai kawasan industri perluasan pemukiman penduduk dibatasi agar upaya perluasan pabrik dapat berjalan dengan lancar. Peruntukan kawasan industri masih relatif luas ± 500 Ha, baik di luar kawasan maupun di dalam kawasan industri. (Anonim c,2009)

c. Kawasan industri dan keadaan masyarakat

Peraturan daerah perlu dipelajari lebih dahulu, tetapi karena daerah Cilegon dan sekitarnya telah ditetapkan sebagai kawasan industri tentunya peraturan pemerintah daerah akan banyak membantu industri-industri baru. Masyarakat daerah dapat dijadikan sebagai sumber tenaga kerja.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam Proses

Selulosa asetat merupakan hasil reaksi dari selulosa dan asetat anhidrid, yang merupakan produk senyawa dari gugus hidroksil dan asam, berupa ester. Ada 3 proses utama yang biasa digunakan untuk mengubah selulosa menjadi selulosa asetat yaitu ;

1. *Solution process* (proses larutan)

Merupakan proses yang paling umum dan biasa digunakan. Pada proses asetilasi digunakan asetat anhidrid sebagai *solvent* dan berlangsung dengan kehadiran asam asetat glasial sebagai *diluent* serta asam sulfat sebagai katalis.

2. *Solvent process* (proses dengan pelarut)

Methylene chloride menggantikan semua atau sebagian asam asetat dan aksinya sebagai *solvent* bagi selulosa asetat yang terbentuk.

3. *Heterogeneous process* (proses heterogen)

Cairan organik *inert*, seperti *benzene ligroin* digunakan sebagai non-solvent untuk menjaga selulosa terasetilasi yang telah terbentuk dalam larutan.



Pada skala industri, proses yang paling banyak dipakai adalah proses yang pertama (*Solution process*) di mana asam asetat (CH_3COOH) dipakai sebagai diluent dan asam sulfat sebagai katalis.

Proses produksi selulosa asetat secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Preparasi meliputi *pre-treatment* dan aktivasi

Pada tahap ini dipilih bahan yang mengandung α -selulosa tinggi (99,7 %). Metode *pre-treatment* ini bisa bermacam-macam, misalnya dengan mencampurkan asam asetat pada selulosa dan diaduk hingga *uniform*.

2. Asetilasi

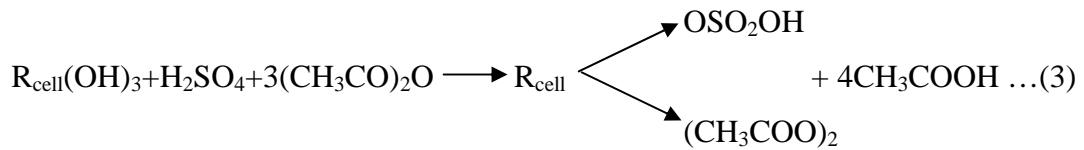
Langkah kedua adalah langkah asetilasi yang bertujuan untuk memproduksi selulosa asetat primer (TAC). Larutan untuk asetilasi ini diperoleh dari pemanasan dan pengadukan selulosa dalam reaktor, dengan menambahkan campuran asetat anhidrid yang berlebih 5-10 % (Mc.Ketta,1982), asam asetat glasial dengan perbandingan massa dengan asetat anhidrid = 1 : 1 dan 10–14 % (w) dari selulosa asam sulfat/katalis 98 %. Suhu larutan tidak boleh lebih dari 50°C . Reaksi asetilasi bersifat endotermis, dan untuk mengontrol suhu saat reaksi asetilasi sehingga tidak melampaui suhu maksimum, maka suhu normalnya dijaga sekitar $40\text{--}50^\circ\text{C}$.

Beberapa reaksi yang terjadi selama asetilasi, yaitu sebagai berikut;

- Asam sulfat dan asetat anhidrid bereaksi untuk membentuk asam asetilsulfat



- Asam sulfat juga bereaksi dengan selulosa, menggantikan gugus -OH dengan gugus $-\text{OSO}_3\text{H}$... Dalam proses asetilasi komersial ini diyakini bahwa asam sulfat tidak tersisa dalam larutan, kebanyakan telah bereaksi dengan selulosa dan menghasilkan sebagai berikut;



Pada proses asetilasi ini, kebanyakan dari gugus sulfat digantikan oleh gugus asetil. Pada esterifikasi yang komplet, mayoritas gugus sulfat yang tersisa terikat dihidroksi primer pada selulosa. Jika pada intermediet ini kita tinjau maka akan terdapat hasil :

1. Reaksi gugus hidroksil selulosa dengan reagen asetilasi yang menghasilkan selulosa asetat dan asam asetat.
2. Pemecahan atau pemisahan rantai selulosa di mana reaksi ini akan menghasilkan viskositas intrinsik yang rendah. (Mc. Ketta,1982)

Setelah reaksi pembentukan selulosa asetat primer terjadi, maka asam sulfat dalam sistem akan ternetralisasi secara sempurna. Waktu reaksi yang diperlukan untuk reaksi asetilasi sampai diperoleh produk yang sesuai adalah sekitar 5-8 jam. (Faith & Keyes,1961)

3. Hidrolisis

Langkah ketiga adalah menghidrolisis sisa reaktan asetat anhidrid menjadi asam asetat. Reaksi asetilasi dihentikan dengan menambahkan air yang dimasukkan sebagai larutan asam asetat dengan kandungan air 5–30 % (w). (Kirk Othmer, 1994)

Jumlah gugus asetil saat akhir proses asetilasi kurang menjadi 3,0 dan turun hingga sekitar 2,4 , jumlah gugus asetil dan gugus sulfat berkurang oleh hidrolisis asam yang dipengaruhi oleh waktu, temperatur, dan keasaman. Gugus sulfat terhidrolisis lebih mudah daripada gugus asetil. Asam sulfat yang terbentuk meningkatkan sifat keasaman larutan reaksi. (Ott,dkk.,1954)

4. Flake Recovery (precipitation-washing-drying)

Ini dilakukan berdasarkan spesifikasi produk yang diinginkan. Saat tahap *flake precipitation*, larutan selulosa asetat terhidrolisis dicampur dengan larutan asam asetat dengan kandungan air 5–30 %.

(Kirk Othmer,1994)



Penambahan asam asetat dilakukan dengan cepat dan diaduk dengan putaran yang cepat. Untuk mendapatkan endapan serbuk, larutan yang telah diaduk dicampur dengan perlahan hingga terbentuk endapan. (Ott,dkk.,1954)

Selulosa asetat yang mengendap kemudian dipisahkan dari larutan asam misal dengan memakai *centrifuge*. Padatan akan dikirim ke *washer* untuk diambil asam asetat dan garam yang tersisa dari netralisasi asam sulfat. Padatan lalu dikeringkan menggunakan *dryer*.

1.4.2 Kegunaan Produk

Selulosa asetat mempunyai rumus molekul $[C_6H_7O_2(CH_3COO)_3]_x$, berwujud padat dengan bentuk *granule* atau serbuk dan berwarna putih. Karena keseragamannya dalam kualitas, kemudahan dalam pewarnaan dan berbagai karakteristik estetika lainnya, menjadikan selulosa asetat sebagai pilihan dalam pembuatan pakaian wanita dan keperluan kain pada rumah tangga. Selulosa asetat bersifat *hydrophobic* dan memiliki sifat yang mudah untuk dibentuk, *quick drying*, tidak mudah berkerut, dan stabilitas tinggi (Mc. Ketta,1982). Pemakaian penting lainnya adalah sebagai filter pada rokok, untuk produksi lembaran-lembaran plastik, film, dan juga cat.

1.4.3 Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1 Bahan Baku

a. Selulosa

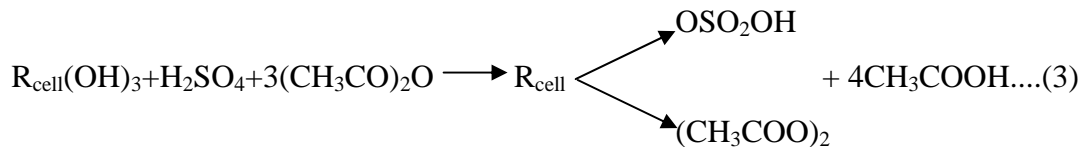
Sifat fisis :

- Bentuk : serbuk putih
- Wujud : padat
- *Specific gravity* : 1600 kg/m^3
- Kapasitas panas : $1,33978 \text{ kJ/kg.K}$
- Rumus molekul : $(C_5H_7O_4.CH_2OH)_x$
- Berat molekul : 162 kg/kmol



Sifat kimia :

- Reaksi esterifikasi selulosa dengan asam asetat anhidrid :



b. Asetat Anhidrid

Sifat fisis :

- Wujud : cair
- Kenampakan : jernih (tidak berwarna)
- Rumus molekul : $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$
- BM : 102 kg/kmol
- Titik didih : 412,75 K
- *Specific gravity* : 1084 kg/m³
- Kapasitas panas : 1,90918 kJ/kg.K
- Temperatur kritis : 599,15 K
- Viscositas : 0,91cP
- Panas penguapan : 389,372 kJ/kg

Sifat kimia :

Asetat anhidrid bisa berasetilasi dengan berbagai macam campuran, mulai dari kelompok selulosa sampai ammonia dengan menggunakan katalis asam atau basa. Pada beberapa garam inorganik dipakai juga aksi katalis, tetapi sukar untuk menggeneralisasi aksi dari garam metalik dan ion.

Pada umumnya reaksi katalisasi asam dari asetat anhidrid lebih cepat dibandingkan dengan reaksi katalis dengan basa. Hidrolisa dari asetat anhidrid berjalan pada suhu yang rendah dengan adanya katalis akan mencapai tingkat (laju) yang lebih baik.



1.4.3.2 Bahan Pembantu

a. Asam Asetat

Sifat fisis :

- Wujud : cair
- Kenampakan : jernih (tidak berwarna)
- Rumus molekul : CH_3COOH
- BM : 60 kg/kmol
- Titik didih : 391,55 K
- *Specific gravity* : 1050 kg/m³
- Kapasitas panas : 2,18551 kJ/kg.K
- Temperatur kritis : 594,45 K
- Viscositas : 1,22 cP
- Panas penguapan : 394,687 kJ/kg (pada titik didih normal)
- Panas pembakaran : 195,105 kJ/kg

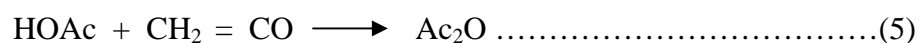
Sifat kimia :

Dalam sintesa selulosa dan rayon, asam asetat anhidrid terbentuk dari asam asetat dengan kondisi 700°C dan 150 mmHg

Reaksi :



Dengan katalis trietil pospat, diikuti reaksi pendinginan dalam fase cair



b. Asam Sulfat

Sifat fisis :

- Wujud : cair
- Kenampakan : jernih (tidak berwarna)
- Rumus molekul : H_2SO_4
- BM : 98 kg/kmol
- Titik didih : 613,15 K
- *Specific gravity* : 1834 kg/m³
- Kapasitas panas : 1,42519 kJ/kg.K



Sifat kimia :

Asam sulfat larut dalam semua proporsi air dan menghasilkan sejumlah panas. Setiap 0,4536kg asam sulfat 100 % ditambah air sampai konsentrasi asam 90 % akan melepaskan panas 84,4045 kJ dan bila ditambah air hingga 20 % maka akan melepas panas sebesar 316,517 kJ. Asam sulfat dapat melarutkan sejumlah besar SO_3 dan memproduksi bermacam-macam tingkatan *oleum*.

1.4.3.3 Bahan Produk

a. Selulosa asetat (Produk Utama)

Sifat fisis :

- Wujud : padat
- Kenampakan : *powder* (serbuk)
- BM : 288 kg/kmol
- *Specific gravity* : 1320 kg/m³
- Rumus molekul : $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{CH}_3\text{COO})_3)_x$
- Titik lebur : 533,15K
- Kapasitas panas : 1,75846 kJ/kg.K
- Derajat depolarisasi : 200
- Derajat substitusi : 3

Sifat kimia :

- Larut dalam *acetone*

b. Asam Asetat (Produk Samping)

Sifat fisis :

- Wujud : cair
- Kenampakan : jernih (tidak berwarna)
- BM : 60 kg/kmol
- Rumus molekul : CH_3COOH
- *Specific gravity* : 1049 kg/m³

Sifat kimia :

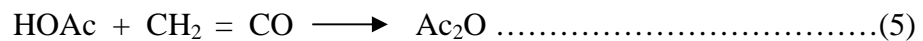


Dalam sintesa selulosa dan rayon, asam asetat anhidrid terbentuk dari asam asetat dengan kondisi 700°C dan 150 mmHg.

Reaksi :



Dengan katalis trietil pospat, diikuti reaksi pendinginan dalam fase cair



1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

Metode asetilasi selulosa dalam produksi selulosa asetat menggunakan proses *continue* yang disertai dengan pemanasan pada *acetylator* (reaktor). Proses asetilasi dimulai dengan mereaksikan selulosa dengan asetat anhidrid, asam asetat dan asam sulfat sebagai katalisnya dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) sehingga akan dihasilkan selulosa asetat primer.

Suhu larutan tidak boleh lebih dari 50°C. Reaksi asetilasi bersifat endotermis sehingga untuk mengontrol suhu saat reaksi asetilasi agar tidak melampaui suhu maksimum, maka campuran asam asetat anhidrid dan asam asetat biasanya dipanaskan suhunya. Normalnya suhu dijaga sekitar 40-50°C dengan tekanan 1 atm.

Setelah reaksi pembentukan selulosa asetat primer terjadi, langkah selanjutnya adalah hidrolisis sisa asetat anhidrid dalam hidroliser. Selanjutnya dilakukan proses pengadukan sampai homogen dalam *precipitator*. Produk keluar *precipitator* dilarutkan kandungan asamnya menggunakan *washed tank* dengan menggunakan pelarut air. Produk bawah *washed tank* yang berupa *slurry* dialirkan menuju *centrifuge* yang berfungsi untuk memisahkan padatan selulosa asetat dari filtrat (air dan asam asetat). Filtrat *direcycle* ke reaktor sedangkan padatan produk dikeringkan menggunakan *drum dryer*. Produk keluar *drum dryer* berupa selulosa asetat 99,5 % diangkut menuju silo. Larutan produk *washer* sebagian dialirkan menuju *precipitator* dan sebagian dialirkan menuju



evaporator menguapkan produk samping asam asetat. Larutan asam asetat *direcycle*. Produk atas *evaporator* akan dialirkan menuju menara distilasi untuk memurnikan produk samping asam asetat.