

**PRARANCANGAN PABRIK NITROSELULOSA DARI SELULOSA
DAN ASAM NITRAT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Geraldny Ramadhansyah Hartono

Nama : Moechamad Fajar Apriyanto

NIM : 18521126

NIM : 18521162

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERSYARATAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Geraldly Ramadhansyah Hartono

Nama : Moechamad Fajar Apriyanto

NIM : 18521126

NIM : 18521162

Yogyakarta, 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Geraldly Ramadhansyah Hartono



Moechamad Fajar Apriyanto

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK NITROSELULOSA DARI SELULOSA DAN
ASAM NITRAT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Geraldly Ramadhansyah Hartono

Nama : Moechamad Fajar Apriyanto

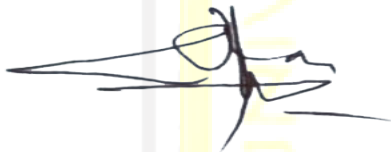
NIM : 18521126

NIM : 18521162

Yogyakarta, September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Farham H M Saleh Dr. Ir. MSIE.

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T, M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK NITROSELULOSA DARI SELULOSA DAN ASAM NITRAT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Geraldly Ramadhansyah Hartono
NIM : 18521126

Nama : Moechamad Fajar Apriyanto
NIM : 18521162

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 September 2022

Tim penguji,

Ketua Penguji

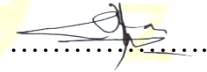
Dr. Ir. Farham H. M. Saleh, MSIE

Anggota 1

Dr. Diana, S.T., M.Sc.

Anggota 2

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

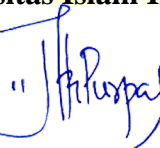


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Uti Fuspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah Alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Nitroselulosa dari Selulosa dan Asam Nitrat dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” dengan baik.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini secara langsung maupun tidak langsung, yang terhormat :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesehatan, kesabaran, dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk mengerjakan serta menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Farham H M Shaleh, Dr. Ir. MSIE selaku Dosen Pembimbing I dan Venitalitya Alethea Sari Angustia, S.T., M. Eng selaku Dosen Pembimbing II yang selalu sabar dalam membimbing kami dan memberikan semangat kepada kami untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2018 yang selalu memberikan semangat.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan naskah laporan ini.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia. Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 22 September 2022

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi saya di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih kepada kedua orang tua saya Bapak Parna dan Ibu Sunani serta adik saya Desinta Nawangtyas yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang sangat luar biasa kepada saya selama ini. Terima kasih atas doa, perjuangan dan pengorbanannya untuk masa depan anak – anak tercinta, sehingga menjadi anak yang berbakti, bermanfaat, dan dapat membahagiakan suatu saat nanti.

Terima kasih kepada Bapak Farham H M Saleh Dr. Ir. MSIE. selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T, M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga saya dapat menyelesaikannya tugas akhir ini dengan baik.

Terima kasih kepada partner saya Geraldly Ramadhansyah Hartono sebagai partner penelitian sekaligus partner perancangan pabrik saya ini yang telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan kelak dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Terima kasih juga untuk teman-teman Teknik Kimia 2018, sahabat yang selalu membantu dikala kesulitan dalam mengerjakan. Dan tak lupa saya juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman grup telegram (Alfian, Ale, Alan, Dewi, Dimas, Ilma, Lisa, dan Reza) yang telah berproses bersama dari awal perkuliahan hingga akhir dan teman diskusi TA (Benny, Rifky, dan Sri Dimaz) serta kepada teman – teman baru saya (Asti, Devin, Tiara) yang telah meluangkan waktu untuk sama sama berproses, mensupport, membantu, serta menghibur dikala pengerjaan tugas akhir yang terasa berat dan jenuh. Saya ucapkan terima kasih kepada teman – teman seperbimbingan tugas akhir saya (Ricky, Gunawan, Riska, dan Amany) karena telah berjuang tanpa lelah dalam mengerjakan tugas akhir ini. Semoga apa yang kita cita – citakan dapat terwujud dimasa depan nanti (Aamiin).

Moechamad Fajar Apriyanto

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, Ya Allah, Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi saya di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih kepada kedua orang tua saya Bapak Ruddy Hartono dan Ibu Rita Soegiono yang selalu memanjatkan doa yang tiada henti, serta memberikan *support* lahir maupun batin, dan selalu menunjukkan kasih sayang yang sangat luar biasa untuk anak sematawayangnya guna untuk melihat anak sematawayangnya mendapatkan masa depan yang berguna bagi keluarga, agama, nusa dan bangsa. Mohon maaf jika Dede belum bisa memberikan yang terbaik selama ini, Mah, Pah, tetapi *InshaAllah* Dede selalu berusaha dan berdoa agar dapat mengangkat derajat Mamah dan Papah di dunia maupun akhirat, *Allahuma Aamiin*.

Terima kasih kepada Bapak Farham H M Saleh Dr. Ir. MSIE. selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T, M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahannya selama ini sehingga saya dapat menyelesaikannya tugas akhir ini dengan baik. Serta kepada Dosen-Dosen Teknik Kimia yang senantiasa memberikan ilmunya dengan tulus dan ikhlas.

Terima kasih kepada partner saya Moechamad Fajar Apriyanto yang bukan hanya sebagai partner, tetapi juga sahabat yang mengerti terhadap tingkah laku saya. Selalu menunggu jika saya mandi lama, *nge-gym*, dan *karaoke* terlebih dahulu jika

ingin *meng-TA*. Kemudian selalu sabar dan kuat jika saya kurang bisa banyak membantu terhadap tugas-tugas yang dihadapkan. Semoga kita bisa sukses bareng-bareng di masa depan, dan jika kita berpisah akan dipertemukan dalam keadaan sukses ya Jar.

Terima kasih juga untuk teman-teman Teknik Kimia 2018, tapi tidak semua juga, yang tahu-tahu saja. Persembahkan kepada *bestie-bestie* saya di Jogja yang menerima saya apa adanya dan selalu menemani saya selama di Jogja. Pertama, kepada Kontrakan Ngoro (Mas Ndaru, Mas Fikri, Mas Adit, dan Mas Alan) sebagai tempat kembali dan istirahat ketika saya lelah menghadapi dunia luar. Kemudian kepada Keluarga Atlet (Tikem, Asti, Deping, Rejak, Nila, Nanad, Mahe, Widi, Insan, Suntil, dan Yoga) sebagai tempat *healing* yang dapat meringankan beban saya. Kemudian kepada Tim Inti (Petot, Sasa, Rizka, Mahsa dan Oji) sebagai pelepas rasa rindu kampung halaman. Kemudian kepada teman-teman diskusi (Benny, Rifki, dan Sri Dimaz) yang dapat menyelesaikan beberapa masalah terkait Tugas Akhir. Kemudian kepada teman-teman satu bimbingan (Rizka, Amani, Ahong, Gunawan) yang dapat bercerita dan berkeluh kesah jika terdapat kesulitan saat mengerjakan Tugas Akhir. Dan kepada MahaSibuk yang selalu memberikan doa dan menghibur ketika saya sedang jenuh. Semoga apa yang kita cita – citakan dapat terwujud dimasa depan nanti *Aamiin*.

Geraldny Ramadhansyah Hartono

DAFTAR ISI

PRARANCANGAN PABRIK NITROSELULOSA DARI SELULOSA DAN ASAM NITRAT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN	I
LEMBAR PERSYARATAN KEASLIAN HASIL	I
PERANCANGAN PABRIK.....	I
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	III
KATA PENGANTAR	IV
LEMBAR PERSEMBAHAN	VI
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR TABLE.....	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XVI
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	XVII
ABSTRAK.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
BAB I.....	21
PENDAHULUAN	21
1.1 Latar Belakang	21
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	22
1.2.1 Data Impor	24
1.3 Tinjauan Pustaka.....	25
1.4 Pemilihan Proses.....	26
1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	32
1.5.1 Tinjauan Termodinamika.....	32
1.5.2 Tinjauan Kinetika.....	36
BAB II.....	39
PERANCANGAN PRODUK.....	39
2.1 Spesifikasi Produk	39

1.2.1	Nitroselulosa	39
2.2	Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	40
2.2.1	Bahan Baku.....	40
2.2.1	Spesifikas Bahan Pendukung	42
2.3	Pengendalian Kualitas.....	42
BAB III	46
PERANCANGAN PROSES	46
2.1	Diagram Alir Kualitatif.....	46
2.2	Uraian Proses	47
2.2.1	Tahap Penyimpanan Bahan Baku	47
2.2.2	Tahap Persiapan Bahan Baku	48
2.2.3	Tahap Pembuatan.....	48
2.2.4	Tahap Pemurnian Produk.....	49
2.3	Diagram Alir Kuantitatif.....	51
2.4	Spesifikasi Alat	52
3.4.1	Spesifikasi Reaktor	52
3.4.2	Spesifikasi Alat Pemisah.....	54
3.4.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	59
3.4.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	61
3.4.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	66
3.5	Neraca Massa	68
3.5.1	Neraca Massa Total.....	68
3.5.2	Neraca Massa Alat	68
3.6	Neraca Panas.....	71
3.6.1	Neraca Panas Alat	71
BAB IV	75
PERANCANGAN PABRIK	75
4.1	Lokasi Pabrik	75
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	76
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	78

4.2	Tata Letak Pabrik	80
4.3	Tata Letak Alat Proses	84
4.4	Organisasi Perusahaan	86
4.4.1	Struktur Perusahaan	86
4.4.2	Jam Kerja Karyawan.....	96
BAB V		99
UTILITAS.....		99
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air	99
5.1.1	Unit Penyedia Air.....	99
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	104
5.2	Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)	107
5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	108
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan.....	112
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	113
5.6	Unit Pengolahan Limbah	113
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas	114
BAB VI.....		124
EVALUASI EKONOMI.....		124
6.1	Penaksiran Harga Alat	126
6.2	Dasar Perhitungan.....	133
6.3	Komponen Biaya	133
6.4	Analisa Keuntungan.....	138
6.5	Analisa Kelayakan	139
6.6	Analisa Resiko Pabrik.....	144
BAB VII.....		148
PENUTUP		148
7.1	Kesimpulan	148
7.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA		XV
LAMPIRAN A.....		XVIII

PERANCANGAN REAKTOR – 01.....	XVIII
LAMPIRAN B	XXXVIII
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)	XXXVIII
LAMPIRAN C	XL
KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK	XL



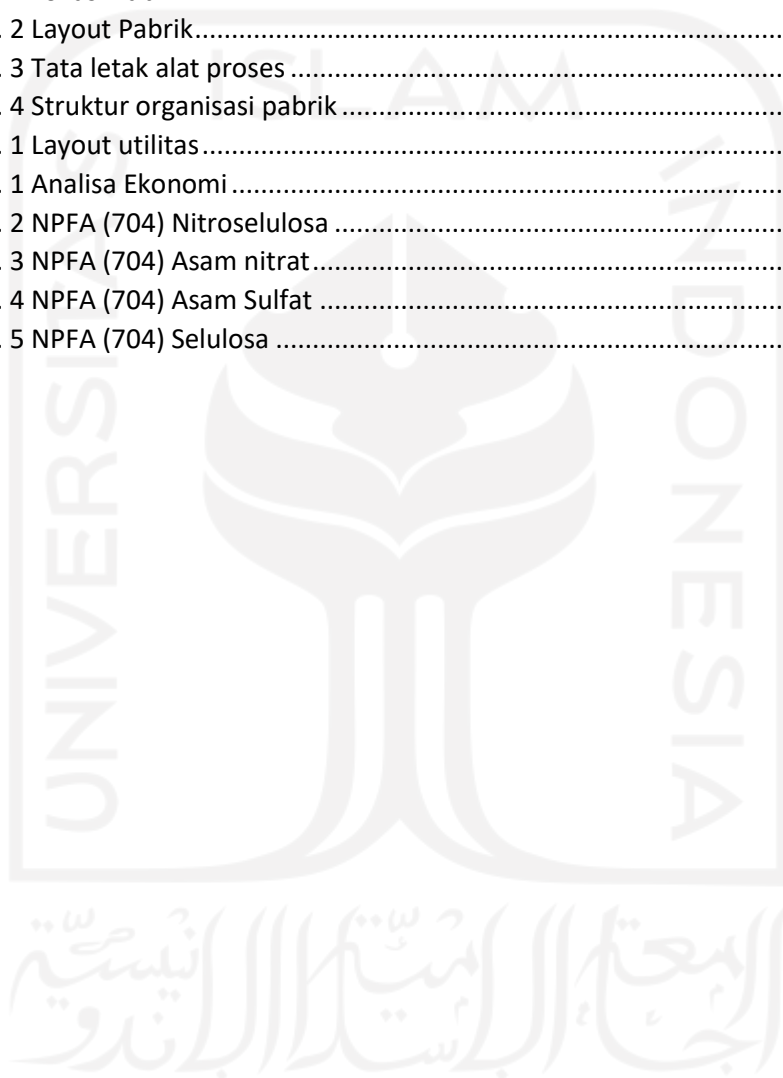
DAFTAR TABLE

Tabel 1. 1 Produksi Nitroselulosa di Dunia	23
Tabel 1. 2 Produksi Nitroselulosa di Indonesia	23
Tabel 1. 3 Data Impor Nitroselulosa di Indonesia	24
Tabel 1. 4 Parameter Pabrik Nitroselulosa.....	30
Tabel 1. 5 Nilai ΔH_f° Masing-Masing Komponen.....	33
Tabel 1. 6 Nilai ΔG_f° masing-masing komponen	34
Tabel 1. 7 Data Kinetika Reaksi	38
Table 3. 1 Spesifikasi Reaktor	52
Table 3. 2 Spesifikasi Mixer - 01	54
Table 3. 3 Spesifikasi Rotary Vacuum Filter	55
Table 3. 4 Spesifikasi Evaporator	56
Table 3. 5 Spesifikasi Rotary Dryer.....	57
Table 3. 6 Spesifikasi Ball Mill	58
Table 3. 7 Spesifikasi Vibrating Screen.....	58
Table 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Cair	59
Table 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Padat	60
Table 3. 10 Spesifikasi Pompa.....	61
Table 3. 11 Spesifikasi Pompa (2)	62
Table 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat	63
Table 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat (2)	64
Table 3. 14 Spesifikasi Transportasi Bahan Padat (3)	65
Table 3. 15 Spesifikasi Cooler - 01.....	66
Table 3. 16 Spesifikasi Heater - 01	67
Table 3. 17 Neraca Massa Total.....	68
Table 3. 18 Neraca Massa Reaktor	68
Table 3. 19 Neraca Massa Mixer - 01	69
Table 3. 20 Neraca Massa Rotary Vacuum Filter - 01.....	69
Table 3. 21 Neraca Massa Evaporator - 01	69
Table 3. 22 Neraca Massa Rotary Dryer.....	70
Table 3. 23 Neraca Massa Ball Mill	70
Table 3. 24 Neraca Massa Vibrating Screen.....	71
Table 3. 25 Neraca Panas Reaktor	71
Table 3. 26 Neraca Panas Mixer - 01.....	72
Table 3. 27 Neraca Panas Rotary Vacuum Filter	72
Table 3. 28 Neraca Panas Evaporator - 01.....	73
Table 3. 29 Neraca Panas Rotary Dryer.....	73
Table 3. 30 Neraca Panas Ball Mill	74
Table 3. 31 Neraca Panas Vibrating Screen.....	74
Table 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	80
Table 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan.....	93

Table 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan non shift.....	97
Table 4. 4 Sistem Kerja Shift Karyawan.....	98
Table 5. 1 Kebutuhan Air Domestik	100
Table 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin	101
Table 5. 3 Kebutuhan Air Pemanas (Steam).....	101
Table 5. 4 Kebutuhan Air Proses	102
Table 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses	108
Table 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	109
Table 5. 7 Kebutuhan Listrik Perumahan	112
Table 5. 8 Spesifikasi Screener Utilitas	114
Table 5. 9 Spesifikasi Sand Filter Utilitas.....	114
Table 5. 10 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas	114
Table 5. 11 Spesifikasi Mixed Bed	115
Table 5. 12 Spesifikasi Dearator	115
Table 5. 13 Spesifikasi Blower Cooling Tower	116
Table 5. 14 Spesifikasi Bak Utilitas.....	117
Table 5. 15 Spesifikasi Tangki Utilitas	118
Table 5. 16 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)	119
Table 5. 17 Spesifikasi Pompa Utilitas	120
Table 5. 18 Spesifikasi Pompa Utilitas (2)	121
Table 5. 19 Spesifikasi Pompa Utilitas (3)	122
Table 5. 20 Spesifikasi Pompa Utilitas (4)	123
Table 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1991-2015.....	127
Table 6. 2 Harga Alat Proses	129
Table 6. 3 Harga Alat Utilitas	130
Table 6. 4 Physical plant cost (PPC).....	134
Table 6. 5 Direct plant cost (DPC).....	134
Table 6. 6 Fixed capital investment (FCI)	134
Table 6. 7 Working Capital Investment (WCI).....	135
Table 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	136
Table 6. 9 Indirect manufacturing cost (IMC)	136
Table 6. 10 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	137
Table 6. 11 Total Manufacturing Cost.....	137
Table 6. 12 General Expenses.....	138
Table 6. 13 Total Production Cost	138
Table 6. 14 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)	141
Table 6. 15 Annual Regulated Expenses (Ra)	141
Table 6. 16 Annual Variabel Value (Va)	142
Table 6. 17 Annual Sales Value (Sa)	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	46
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	51
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik.....	76
Gambar 4. 2 Layout Pabrik.....	83
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses	85
Gambar 4. 4 Struktur organisasi pabrik	86
Gambar 5. 1 Layout utilitas.....	103
Gambar 6. 1 Analisa Ekonomi	144
Gambar 6. 2 NPFA (704) Nitroselulosa	145
Gambar 6. 3 NPFA (704) Asam nitrat.....	145
Gambar 6. 4 NPFA (704) Asam Sulfat	145
Gambar 6. 5 NPFA (704) Selulosa	146



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
T	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
P	: <i>Power motor</i> , Hp
Ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP_T	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
Th	: Tebal <i>head</i> , in
Re	: Bilangan Reynold
Di	: Diameter pengaduk, m

ZL	:	Tinggi cairan, m
Wb	:	Lebar <i>baffle</i> , m
Zi	:	Jarak pengaduk dari tangka, in
F	:	<i>Allowable Stress</i> , psia
E	:	Efisiensi pengelasan
Icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
W	:	Tinggi pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
Ud	:	Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft ² °F
Uc	:	Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft ² °F
Rd	:	Faktor pengotor
Cp	:	Kapasitas Panas, Btu/lb °F
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
JH	:	<i>Heat transfer factor</i>
hi	:	<i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
ho	:	<i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
LMTD	:	<i>Long mean temperature different</i> , °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu
Wf	:	Total <i>head</i> , in
ΔH	:	Entalpi, KJ/Jam
th	:	Tebal <i>head</i> , in

ABSTRAK

Nitroselulosa merupakan bahan kimia aktif yang bersifat mudah terbakar dan memiliki kandungan bersifat sensitive sehingga dapat digunakan sebagai salah satu bahan peledak. Selain itu nitroselulosa merupakan salah satu bahan pendukung di dalam industri kimia, salah satunya yaitu pada industri cat kayu, cat otomotif dan juga pada printing. Nitroselulosa dibuat dengan menggunakan proses reaksi nitrasi, dimana reaksi nitrasi ini menggunakan selulosa yang dicampur dengan asam sulfat dan asam nitrat. Saat ini kebutuhan nitroselulosa di Indonesia masih di impor dari luar negeri seperti RRC dan Eropa, karena produksi nitroselulosa di Indonesia masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik nitroselulosa di Indonesia. Pabrik nitroselulosa direncanakan akan dibangun di Kecamatan Ciampel, Karawang, Jawa Barat dengan kapasitas pabrik sebesar 10.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari. Metode pembuatan nitroselulosa menggunakan reaksi nitrasi dimana selulosa dicampur dengan asam nitrat dan asam sulfat. Reaksi ini bersifat eksotermis dan direaksikan di dalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), fase padat cair dengan kondisi operasi dijaga secara isothermal. Reaktor beroperasi pada suhu 40°C dan bertekanan 1 atm. Produk yang keluar dari reaktor dipisahkan dengan *rotary vacuum filter – 01* dan hasil padatnya akan dikeringkan dengan menggunakan *rotary dryer* untuk menghilangkan kadar airnya. Selanjutnya produk diangkut menuju silo dan dikemas untuk dipasarkan. Utilitas yang dibutuhkan yaitu 8247,738 kg/jam air pendingin, 3146,381 kg/jam steam, 71,97 kW listrik, 31 L/jam bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik nitroselulosa ini memiliki tingkat resiko tinggi (*High risk*) dengan pajak 18,86%, *Pay Out Time* maksimal 5 tahun, dan *Break Event Point* sebesar 40 – 60 %. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan modal tetap Rp 253.606.952.107,46, modal kerja sebesar Rp 251.385.865.503,77 dan keuntungan sebelum pajak Rp 59.786.979.450, ROI sebelum pajak 23,57%, POT sebelum pajak 2,98 tahun, BEP sebesar 49,86%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,21% dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 16,05%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik nitroselulosa secara ekonomi layak untuk didirikan.

Kata Kunci : *Nitroselulosa, Selulosa, Continuous Stirred Tank Reactor, Perancangan Pabrik.*

ABSTRACT

Nitrocellulose is an active chemical that is flammable and has a sensitive content so that it can be used as an explosive. In addition, nitrocellulose is one of the supporting materials in the chemical industry, one of which is in the wood paint industry, automotive paint and also in printing. Nitrocellulose is made using a nitration reaction process, which using cellulose mixed with sulfuric acid and nitric acid. Currently, the need for nitrocellulose in Indonesia is still imported from abroad such as China and Europe, because the production of nitrocellulose in Indonesia is still not sufficient to meet domestic consumption needs. Therefore, it is necessary to establish a nitrocellulose factory in Indonesia. The nitrocellulose plant is planned to be built in Ciampel District, Karawang, West Java with a factory capacity of 10,000 tons/year which operates for 330 days. The method of making nitrocellulose uses a nitration reaction in which cellulose is mixed with nitric acid and sulfuric acid. This reaction is exothermic and is carried out in a *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), a solid-liquid phase with operating conditions maintained isothermal. The reactor operates at a temperature of 40°C and a pressure of 1 atm. The product that comes out of the reactor is separated by a *rotary vacuum filter – 01* and the solid product was dried using a *rotary dryer* to remove the moisture content. The products are then transported to silos and packaged for marketing. The utilities required are 8247,738 kg/hour cooling water, 3146,381 kg/hour steam, 71,97 kW electricity, 31 L/hour fuel. The results of the analysis show that this nitrocellulose factory has a high risk level *with* a 18,86% tax, *Pay Out Time* a maximum *Break Event Point* of 40-60%. The results of the economic evaluation showed that the fixed capital was Rp. 253.606.952.107,46, working capital of Rp. 251.385.865.503,77 and profit before tax Rp. 59.786.979.450, ROI before tax 23,57%, POT before tax 2,98 years, BEP 49,86%, *Shut Down Point* (SDP) 22,21% and *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) of 16,05%. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the nitrocellulose plant is economically feasible to establish.

Key word : Nitrocellulose, Cellulose, Continous Stirred Tank Reactor, Factory Design

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal dengan sebagai negara kepulauan terbesar yang memiliki sumber daya alam yang berlimpah. Dengan banyaknya sumber daya alam tersebut, maka negara perlu meningkatkan potensi sumber daya alam ini dengan baik agar dapat menyokong perekonomian Indonesia. Tak dapat dipungkiri bahwa perekonomian Indonesia mengalami perubahan yang signifikan dari waktu ke waktu. Hal ini dikarenakan mulai banyaknya industry yang berdiri agar dapat bersaing di dalam pasar global.

Nitroselulosa memiliki rumus molekul $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]$, Nitroselulosa adalah bahan kimia aktif yang bersifat mudah terbakar dan memiliki kandungan bersifat sensitive sehingga dapat digunakan sebagai salah satu bahan peledak. Selain itu nitroselulosa merupakan salah satu bahan pendukung di dalam industri kimia, salah satunya yaitu pada industri cat kayu, cat otomotif dan juga pada printing. Nitroselulosa dibuat dengan menggunakan proses reaksi nitrasi, dimana reaksi nitrasi ini menggunakan selulosa yang dicampur dengan asam sulfat dan asam nitrat.

Penggunaan nitroselulosa di Indonesia perlu dilakukan pengawasan yang ketat, karena nitroselulosa memiliki sifat yang mirip dengan bubuk mesiu yaitu mudah

terbakar pada kondisi yang kering dan saat terkena panas. Oleh sebab itu, nitroselulosa tidak diperkenankan dijual bebas tanpa adanya pengawasan, karena dapat disalahgunakan untuk kepentingan tertentu.

Saat ini kebutuhan nitroselulosa di Indonesia masih di impor dari luar negeri seperti RRC dan negara – negara Eropa, karena produksi nitroselulosa di Indonesia masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik nitroselulosa di Indonesia. Dengan didirikannya pabrik nitroselulosa ini diharapkan mampu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat meningkatkan ekspor sehingga dapat meningkatkan pendapatan devisa negara. Disamping itu, dengan berdirinya pabrik ini diharapkan mampu mengurangi jumlah impor nitroselulosa dari luar negeri sehingga dapat mengurangi pengeluaran biaya produksi yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan harga produk serta dapat membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik ditentukan melalui analisa data – data seperti produksi dalam negeri, ekspor – impor, kebutuhan dalam negeri, ketersediaan bahan baku di Indonesia dan kapasitas pabrik yang sudah berdiri di seluruh dunia (kapasitas ekonomis). Negara – negara yang memproduksi nitroselulosa diantaranya Korea Selatan, Thailan, Taiwan, RRC, Amerika Serikat, dan negara Eropa lainnya.

Salah satu negara yang aktif membuat nitroselulosa adalah Republik Rakyat China (RRC) dan negara asia pacifik lainnya. Tabel 1.1 merupakan daftar beberapa

perusahaan di dunia yang memproduksi nitroselulosa beserta kapasitas pabriknya yang dapat dijadikan landasan atau acuan sebagai ekonomis pabrik. Hal ini karena pabrik yang sudah beroperasi mempunyai kapasitas maksimum dan minimum. Untuk pabrik nitroselulosa yang sudah berdiri di Indonesia terdapat pada table 1.2.

Tabel 1. 1 Produksi Nitroselulosa di Dunia

Perusahaan	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
Hengsuri Orient Chemical, Ltd	RRC	18.000
Shandong Pulp and Paper Co, Ltd	RRC	18.000
Zibo Qingxin Chemicals Co, Ltd	RRC	18.000
Korean CNC, Ltd	Korea Selatan	5.000
TNC Industrial, Ltd	Taiwan	30.000
Nobel NC Company, Ltd	Thailand	30.000
Nitro Chemical Industry, Ltd	Thailand	10.000
Alchemix - Nitro Quimica Company	USA	12.000

(Sumber : www.made-in-china.com & www.icis.com)

Tabel 1. 2 Produksi Nitroselulosa di Indonesia

No	Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT Inti Selulosa Utama	10.000

(Sumber : www.kemenperind.go.id)

1.2.1 Data Impor

Tabel 1. 3 Data Impor Nitroselulosa di Indonesia

Tahun	Import (ton/tahun)
2017	10109
2018	10100
2019	8599
2020	5209
2021	5375

(Sumber : Badan Pusat Statistik)

Dari data impor tersebut dapat disimpulkan bahwa kebutuhan nitroselulosa di Indonesia setiap tahunnya mengalami penurunan yang signifikan. Dari grafik data impor yang telah dibuat didapatkan persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$y = ax + b$$

$$y = -1435,9x + 3000000$$

Dari persamaan diatas didapatkan proyeksi kebutuhan impor nitroselulosa pada tahun 2026 sebesar 90866.6 ton/tahun. Tapi disini kami hanya mengambil kapasitas sebesar 10% dari peluang maka kapasitasnya menjadi

$$\text{Kapasitas} = 10\% \text{ dari proyeksi impor}$$

$$\text{Kapasitas} = 9086.66 \text{ ton/tahun}$$

Sebagai dasar dari penentuan kapasitas pabrik, perancangan kapasitas menggunakan data kapasitas pabrik yang sudah berdiri, hal ini dikarenakan data kebutuhan impor yang terus menurun setiap tahunnya dan data impor tersebut tidak dapat dijadikan acuan dalam menentukan kapasitas pabrik. Berdasarkan kapasitas

produksi yang sudah ada yaitu pada table 1.1 dan 1.2 maka diasumsikan kapasitas produksi pabrik pada tahun 2026 sebanyak 10.000 ton/tahun. Hal tersebut didasarkan pada pertimbangan kapasitas pabrik yang sudah berdiri dengan kapasitas 10.000 ton/tahun yang dapat memberikan keuntungan dan mempertimbangkan ketersediaan dari bahan baku dalam negeri yang sudah mencukupi. Disamping itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik nitroselulosa berkapasitas 10.000 ton/tahun dapat memenuhi kebutuhan nitroselulosa dalam negeri dan dapat membantu perekonomian serta membantu pemerintah untuk menjadikan industri kimia sebagai salah satu roda penggerak perekonomian Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

Nitroselulosa adalah senyawa ester yang terbentuk dari reaksi selulosa dengan asam nitrat. Ester yang terbentuk adalah asam ester anorganik yang dapat dikatalisis dengan menggunakan bahan atau zat yang dapat menyerap air hasil reaksi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi yang saling berkeimbangan sehingga konversi yang terbentuk tergolong rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai konversi dapat dilakukan dengan cara mengambil H_2O yang terbentuk sehingga reaksi yang seharusnya terjadi adalah reaksi *reversible* berubah menjadi reaksi *non – reversible (irreversible)*. Konversi yang dapat dihasilkan dengan cara mengambil air hasil reaksi mampu mencapai 97% mol selulosa.

1.4 Pemilihan Proses

Berikut adalah beberapa proses yang digunakan dalam pembuatan nitroselulosa :

1) Patent US2950278 (Proses Warren L Plunket)

Berdasarkan patent US2950278, nitroselulosa dapat dibuat dengan menggunakan campuran dari *nitrating agent* berupa asam nitrat, asam sulfat dan air. Pada proses pencampuran tersebut dapat dilakukan pada mixer tank acid dengan komposisi asam campuran yang berbeda – beda tergantung pada berapa banyak persen nitrogen yang dibutuhkan atau diinginkan (Kirk Othmer).

Setelah asam campuran dibuat selanjutnya dipompa menuju reaktor, didalam reaktor kondisi operasi dijaga dengan suhu 30°C selama 30 menit.

Setelah proses nitrasi, padatan dan cairan yang terbentuk dipisahkan menggunakan *sentrifuge*, dimana cairan dialirkan menuju *recovery spent acid*, sedangkan padatan dialirkan menuju tanki penetralan untuk dilakukan pencucian, dipanaskan dengan suhu 100°C yang bertekanan 1 atm selama 1 jam yang bertujuan untuk melunakkan nitroselulosa. Selanjutnya adalah proses pentralan asam yang terbawa oleh nitroselulosa dengan menggunakan asam karbonat 1 % pada tanki netralisasi, selama 1 jam dengan suhu 100°C.

2) Patent US3714143 (Proses Charles dan Everette)

Berdasarkan pada US3714143, pembuatan nitroselulosa menggunakan serat kapas dan *nitrating agent* berupa asam nitrat, magnesium nitrat dan air sebagai bahan baku. Proses ini menggunakan sistem kontinyu dalam pembuatannya.

Mula – mula nitroselulosa masukkan ke dalam *dryer* lalu *shredder* yang berfungsi untuk mengurangi kandungan air dan mengecilkan ukuran partikel selulosa. Selanjutnya selulosa dan *nitrating agent* diumpankan ke dalam *attrition mill*. Pada tahap ini ukuran selulosa akan direduksi dan dikontakkan secara langsung dengan *nitrating agent*, nitroselulosa yang telah terpapar oleh *nitrating agent* akan dimasukkan ke dalam reaktor nitrasi yang berjumlah 2 reaktor dengan kondisi operasi 40°C dan tekanan 1 atm.

Setelah proses nitrasi, nitroselulosa dialirkan menuju *sentrifuge* untuk memisahkan nitroselulosa dan *nitrating agent*. *Nitrating agent* yang berfase cair akan dimasukkan proses *recovery* agar dapat digunakan Kembali, sedangkan nitroselulosa akan dilakukan proses pencucian untuk menghilangkan sisa *nitrating agent* yang terkandung. Tahapan awal dari pencucian nitroselulosa dilakukan pada *belt filter* dengan menggunakan air untuk membersihkan sisa *nitrating agent* yang terkandung pada nitro selulosa. Kemudian nitroselulosa masuk ke tahap pencucian secara thermal.

Air cucian dari proses pencucian pada *belt filter* dipisahkan dari nitroselulosa yang terbawa pada saat pencucian dengan menggunakan *fines removal*. Sedangkan air cucian yang mengandung asam campuran (asam nitrat, magnesium nitrat) dilakukan proses *recovery* dengan ion exchanger guna menghilangkan kandungan ion nitrat dan

magnesium, mengembalikan ion magnesium dan nitrat sebagai magnesium nitrat dan mendaur ulang magnesium nitrat yang diperoleh.

Proses nitration dapat dilakukan dengan menggunakan garam anorganik seperti magnesium nitrat, campuran nitration asam nitrat, magnesium nitrat dan air dalam proses nitration adalah metode baru yang berguna untuk mengurangi polusi dan meminimalkan kerusakan lingkungan.

3) Patent US2649441 (Proses William C. Ramsey)

Proses pembuatan nitroselulosa menurut William C. Ramsey, pada proses nitrat selulosa yang dilakukan secara kontinyu dalam bentuk *strip* panjang, bahan baku akan dinitrasi akan dialirkan melalui tabung memanjang, mempunyai tingkat horizontal yang substansial, *strip* yang diumpankan akan dimasukkan ke dalam tabung di sisi ujung tabung, dan akan ditarik di sisi lainnya sehingga *strip* tersebut akan mengalami nitration.

Asam nitrat diumpankan ke dalam tabung, sehingga tabung diisi ke tingkat yang diinginkan dan asam yang dihabiskan akan dibuang melalui saluran pembuangan yang berdekatan dengan ujung tempat dimasukkannya selulosa. Saluran pembuangan tersebut dapat disediakan pada *header* yang berfungsi untuk mengeringkan asam dari dalam tabung jika dibutuhkan. Proses ini berlangsung dengan kondisi suhu 50 – 60°C dengan waktu nitration 60 menit dan rasio perbandingan antara selulosa dengan *nitration agent* sebesar 1 : 10. Dimana komposisi *nitration agent* berupa asam nitrat 73,5%, asam fosfat 25,8% dan air 0,7%

Asam fosfat yang digunakan pada proses nitration berfungsi sebagai katalis dan *dehydrator* yang disesuaikan pada tingkat nitration yang diinginkan. Kandungan asam nitrat dalam campuran asam tersebut bervariasi dari 50% hingga sekitar 75%. Proses nitration selulosa dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam fosfat tidak akan mengurangi tingkat polimerisasi zat nitration. Dengan mencampurkan asam nitrat dan asam fosfat akan mengakibatkan produk de-polimerisasi yang jauh lebih sedikit. Metode ini tergolong baru dan perlu dilakukan peninjauan dari sisi ekonomi karena sejauh ini belum ada industri yang menggunakan asam fosfat sebagai katalis dan memiliki tingkat kesulitan teknis yang besar.

4) E – Journal of Chemistry

Berdasarkan metode ini, selulosa yang terbuat dari serbuk gergaji yang memiliki komposisi *nitrating agent* berupa asam nitrat 50%, asam anhidrat 25% dan asam asetat 25%.

Mula – mula 1,5 gr selulosa kering dimasukkan ke dalam gelas kimia, selanjutnya *nitrating agent* ditambahkan melalui buret dan dicampurkan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Waktu nitration berkisar antara 60 – 90 menit dengan temperature 15°C, kemudian nitroselulosa dan *nitrating agent* dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge* 400 rpm selama 10 menit. Setelah itu dilakukan proses purifikasi dengan mengumpalkan nitroselulosa yang telah dipisahkan dari *nitrating agent* ke tahap selanjutnya yaitu *boiling water* selama 3 jam. Selanjutnya nitroselulosa dicuci dengan air dingin dan dilakukan dehidrasi dengan temperature 50°C.

Asam anhidra dan asam asetat yang digunakan untuk pembuatan nitroselulosa berfungsi sebagai zat dehidrasi. Proporsi asam asetat yang dicampur dengan asam asetat 88% membantu kapasitas nitrasi mixed acid. Selulosa tidak akan mengalami depolimerisasi ketika dilakukan nitrasi dengan campuran jenis ini.

Tabel 1. 4 Parameter Pabrik Nitroselulosa

<i>Parameter yang ditinjau</i>	<i>US2950278</i>	<i>US3714143</i>	<i>US2649441</i>	<i>E - JOURNAL OF CHEMISTRY</i>
Bahan baku utama	Selulosa + HNO ₃	Selulosa + HNO ₃	Selulosa + HNO ₃	Selulosa + HNO ₃
Katalis	H ₂ SO ₄	HNO ₃	HNO ₃ + H ₃ PO ₄	AC ₂ O + ACOH
Yield	-	11%	-	40%
Konversi	97% (Jabosar Ronggur,dkk. 2015)	-	-	-
Kondisi operasi	T = 40° C	T = 40 o C	T = 15 ° C	T = 15 ° C
	P = 1 atm	P = 1 atm	P = 1 atm	p = 1 atm
	Waktu = 30 menit	Waktu = -	Waktu = 60 menit	Waktu = 60 menit
Limbah yang dihasilkan	HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , dan H ₂ O	HNO ₃ , Mg(NO ₃) ₂ , dan H ₂ O	HNO ₃ , H ₃ PO ₄ , dan H ₂ O	HNO ₃ , AC ₂ O, ACOH, dan H ₂ O
Sifat Bahan Baku	HNO ₃ dan H ₂ SO ₄ korosif	HNO ₃ korosif	HNO ₃ dan H ₃ PO ₄ korosif	HNO ₃ (korosif) AC ₂ O dan ACOH mudah terbakar dan korosif

Secara umum pembuatan nitroselulosa yang biasa digunakan adalah dengan mencampurkan antara selulosa dengan asam nitrat dan asam sulfat sebagai katalis pada

proses ini konversi yang dihasilkan sebesar 97%. Berdasarkan dari parameter yang terdapat pada table tersebut, maka dirancang pabrik nitroselulosa dengan menggunakan asam nitrat (HNO_3) sebagai *nitrating agent* dan katalis asam sulfat (H_2SO_4) sebagai *dehydrating agent* yang mengacu pada patent US2950278 dengan alasan sebagai berikut :

1. Waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi lebih singkat dibanding patent US yang lain
 - a. Dari segi teknis, semakin lamanya waktu reaksi akan mempengaruhi dalam penentuan berlangsungnya proses kontinyu atau *batch*. Oleh karena itu, dipilih waktu yang lebih singkat agar reaksi yang terjadi berjalan secara kontinyu. Hal ini bertujuan agar kondisi proses dan produk yang dihasilkan lebih konstan. Disamping itu, reaksi yang berlangsung secara kontinyu cocok dengan kapasitas produksi yang besar.
 - b. Dari segi ekonomis, waktu reaksi akan mempengaruhi dalam menentukan dimensi dari alat yang akan digunakan. Semakin lama waktu maka akan membutuhkan volume alat yang lebih besar. Selain itu, dengan alat yang lebih besar akan mengakibatkan biaya pembelian alat yang semakin besar. Maka dari itu, dipilihlah waktu reaksi yang lebih singkat agar dapat mengurangi biaya investasi.
2. Suhu reaksi
 - a. Dari segi teknis, temperature yang besar akan berpengaruh pada keselamatan kerja bagi karyawan karena memiliki resiko yang besar, seperti kebocoran

tangka atau tangka yang meledak yang disebabkan oleh *overheating*. Maka dari itu dipilih suhu reaksi yang rendah atau yang mendekati suhu ruang.

- b. Dari segi ekonomis, temperature yang besar akan membutuhkan alat tambahan berupa cooler sedangkan suhu yang rendah akan membutuhkan alat seperti *heater*, dengan penambahan alat tersebut akan menambah biaya investasi yang besar.

1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.5.1 Tinjauan Termodinamika

- a. Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Tinjauan Termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan reaksi dapat bereaksi secara spontan atau tidak spontan, serta arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan sifat reaksi dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°).

Dilihat dari segi termodinamika dengan harga harga (ΔH_f°) masing-masing komponen berdasarkan Buku Yaws, 1976 dan *Software Aspen Plus V8.8* dapat dilihat pada Tabel 1.9 berikut

Tabel 1. 5 Nilai ΔH_f° Masing-Masing Komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	Sumber
HNO ₃	-135,1	Yaws
H ₂ SO ₄	-735,13	Yaws
H ₂ O	-241,8	Yaws
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	-800,441	NIST.gov.edu
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	-651,024	NIST.gov.edu
C ₁₂ H ₂₆	-290,87	Yaws

Reaksi Nitiasi



$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ (298\text{ K}) &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= ((1 \text{ gmol/jam} \times \Delta H_f \text{ Nitroselulosa}) + (3 \text{ gmol/jam} \times \Delta H_f \\ &\text{ Air})) - ((1 \text{ gmol/jam} \times \Delta H_f \text{ Selulosa}) + (3 \text{ gmol/jam} \times \Delta H_f \\ &\text{ Asam Nitrat})) \\ &= (-651,024 - 725,4) + (-800,441 - 405,3) \\ &= -170,683 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena harga ΔH_r yang dihasilkan bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis (Yaws, 1976)

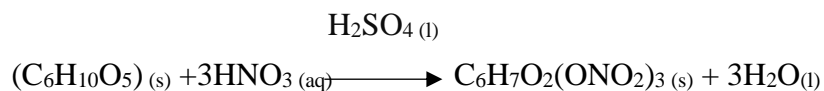
b. Energi Bebas Gibbs (ΔG°_f)

Energi bebas Gibbs dapat berguna untuk mengetahui arah reaksi kimia berupa spontan atau tidak. Jika ΔG°_f berharga positif (+) maka reaksi tersebut tidak berlangsung secara spontan, sehingga membutuhkan energi tambahan yang cukup besar dari luar. Tetapi, jika ΔG°_f bernilai negatif (-) maka reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Menurut Yaws (1976) berikut merupakan harga ΔG°_f masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.10 berikut ini:

Tabel 1. 6 Nilai ΔG°_f masing-masing komponen

Tabel 1.5 Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	Sumber
HNO ₃	-74,7	Yaws
H ₂ SO ₄	-653,47	Yaws
H ₂ O	-228,6	Yaws
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	-149,059	<i>Nanomaterial and Tech Journal</i>
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	109,4	<i>Nanomaterial and Tech Journal</i>
C ₁₂ H ₂₆	50,04	Yaws

Reaksi Nitration



$$\begin{aligned}
\Delta H_r^\circ(298\text{ K}) &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\
&= -119,2 - (-223,759) \\
&= 104,559 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Dengan demikian, Konstanta keseimbangan (K1) pada suhu 298 K dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta G^\circ}{RT} \quad (1.4)$$

Hitung menggunakan persamaan (1.4) maka didapatkan :

$$\begin{aligned}
\ln K_1 &= \frac{-(104,559)}{8,314 \times 298} \\
&= -42,202 \\
K_1 &= e^{-42,202} \\
K_1 &= 4,69695 \times 10^{-19}
\end{aligned}$$

Pada suhu reaksi 30°C (303°K), besarnya konstanta kesetimbangan (K2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.5)$$

Dengan menghitung menggunakan persamaan (1.5) maka didapatkan :

$$\begin{aligned}
\ln \frac{K_2}{4,3217 \cdot 10^{38}} &= \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \\
\ln \frac{K_2}{4,69695 \times 10^{-19}} &= \left[-\frac{170,683}{8,314} \right] \left[\frac{1}{303} - \frac{1}{298} \right]
\end{aligned}$$

$$\ln \frac{K_2}{4,69695 \times 10^{-19}} = -0,0011$$

$$\frac{K_2}{4,69695 \times 10^{-19}} = e^{-0,0011}$$

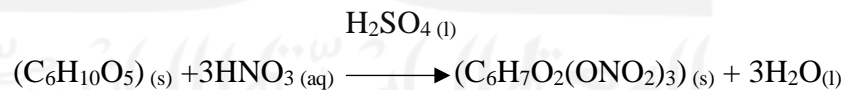
$$\frac{K_2}{4,69695 \times 10^{-19}} = 0,99886$$

$$K_2 = 4,69161 \times 10^{-19}$$

Karena nilai ΔG°_f pada reaksi bernilai negatif, maka reaksi berlangsung tidak spontan dan bersifat *irreversible* karena nilai K positif (+).

1.5.2 Tinjauan Kinetika

Kinetika reaksi sangat berhubungan dengan kecepatan reaksi kimia. Suhu, tekanan, dan konsentrasi memberikan pengaruh yang besar terhadap konstanta kecepatan reaksi ataupun pada kecepatan reaksi. Berikut ini adalah reaksi pembentukan nitroselulosa :



Reaksi dari pembentukan nitroselulosa dari selulosa dan asam nitrat adalah reaksi berfase cair – padat yang memiliki orde 2. Berikut ini adalah rumus dari kecepatan reaksi kimia :

$$\frac{dC_{OH}}{dt} = -kC_{OH}C_{NO_2+}$$

Nilai laju reaksi untuk proses nitration selulosa dengan asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat). Berdasarkan jurnal Ronggur Jabossar, dkk (Kinetika Proses Nitration Pelepah Sawit) diketahui data nilai A (Faktor *Pre-exponential*) dan nilai E_a (Energi Aktivasi) persamaan Arrhenius sehingga untuk mencari konstanta kinetika reaksi digunakan persamaan berikut: yaitu sebagai berikut :

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}} \text{ atau } \ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln A \quad (1.6)$$

Keterangan:

k = konstanta laju reaksi

A = *factor pre-exponential*

E_a = energi aktivasi (J/mol)

R = konstanta gas (J/mol.K)

T = suhu (K)

Dalam pembuatan Nitroselulosa terjadi reaksi nitration. Untuk mencari nilai konstanta laju reaksi pada reaksi nitration dapat dituliskan sebagai berikut:

Tabel 1. 7 Data Kinetika Reaksi

A	$1,421 \times 10^{24}$	1/h
E	140.553	J/mol
R	8,314	J/mol K
T	303	K

Dengan menggunakan persamaan (1.6) maka didapatkan :

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

$$k = 1,421 \times 10^{24} \cdot e^{\frac{-33465,034}{8,314 \cdot 303}}$$

$$k = 4,96249 \text{ L/mol.s}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

1.2.1 Nitroselulosa

Rumus molekul : $(C_6H_7O_2(ONO_2)_3)_n$

Derajat Polimerisasi : 1000

Spesifik Gravity : 1,35 – 1,4

Densitas : 1,49 g/ml

Berat Molekul : 297 Kg/Kmol

Fase : Padat

Warna : Putih Kekuningan

Hazard : Mudah terbakar dan meledak

Kemurnian : 80% – 96%

(MSDS)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Bahan Baku

a. Selulosa

Rumus molekul : $(C_6H_{10}O_5)_n$

Derajat Polimerisasi : 1000

Berat Molekul : 162 Kg/Kmol

Berat Jenis : 1.549 Kg/Liter

Warna : Putih

Hazard : Mudah terbakar, tidak berbau dan tidak berasa

Kemurnian :

- $(C_6H_{10}O_5)_n$ = 98%
- H_2O = 2%

(Cellucomp)

b. Asam Nitrat

Rumus molekul : HNO_3

Berat Molekul : 63 Kg/Kmol

Berat Jenis : 1.37 Kg/Liter (25°C)

Titik Didih : 83°C

Titik Lebur : -42°C

Fase : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Hazard : Mudah terbakar, tidak berbau dan tidak berasa

Kemurnian :

• HNO₃ = 80%

• H₂O = 20%

(LabChem)

c. Asam Sulfat

Rumus molekul : H₂SO₄

Berat Molekul : 98 Kg/Kmol

Berat Jenis : 1.80 Kg/Liter (25°C)

Titik Didih : 337°C

Titik Lebur : 10°C

Fase : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Hazard : Beracun, bersifat korosif dan higroskopis

Kemurnian :

- H_2SO_4 = 98%
- H_2O = 2%

(MSDS)

2.2.1 Spesifikas Bahan Pendukung

a. Air

Rumus molekul : H_2O

Berat Molekul : 18 Kg/Kmol

Berat Jenis : 1000 Kg/Liter (25°C)

Titik Didih : 100 °C

Titik Lebur : 0 °C

Fase : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Hazard : Tidak berbahaya

2.3 Pengendalian Kualitas

Untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan perlu dilakukan pengawasan serta pengendalian produk yang dapat dilakukan dari bahan baku

hingga menjadi produk yang mempunyai kualitas yang layak untuk dipasarkan. Hal ini bertujuan untuk menjaga stabilitas produk dan untuk mengetahui apakah proses produksi dapat berlangsung secara normal atau tidak. Apabila dalam proses produksi terjadi suatu masalah dapat segera dilakukan pengendalian supaya masalah tersebut tidak membesar sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas dari produk yang dihasilkan.

1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengujian bahan baku biasanya dilakukan sebelum proses produksi berlangsung. Hal tersebut bertujuan agar bahan baku (*raw material*) yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan saat mendesign produksi. Pengujian bahan baku yang akan dilakukan seperti pengujian densitas, kemurnian, viskositas, dan lain – lain. Standar evaluasi yang biasanya digunakan untuk kualitas bahan baku adalah *American Society for Testing and Materials (ASTM 1972)*.

2. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas dari produk harus dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas produk dimulai dari bahan baku hingga menjadi produk yang diinginkan. Pengawasan ini dilakukan dari segi mutu bahan baku, produk setengah jadi ataupun produk penunjang mutu proses. Oleh karena itu dilakukan analisa di laboratorium atau menggunakan alat control.

3. Pengendalian Proses

Pengendalian selama proses produksi berlangsung dilakukan dengan menggunakan alat control yang berada di dalam *control room*, yang dapat dilakukan secara otomatis (*automatic control*) ataupun secara manual dengan menggunakan indikator. Indikator ini dapat berupa *flow rate* bahan baku, *temperature control*, *level control*, dan produk. Jika selama proses produksi berlangsung terjadi penyimpangan indikator yang telah ditetapkan, maka dapat dilihat dari tanda atau sinyal yang diberikan seperti bunyi *alarm*, lampu yang menyala dan lain – lain. Apabila hal tersebut terjadi, maka penyimpangan tersebut harus segera dikembalikan seperti kondisi awalnya. Berikut ini adalah alat control yang biasa digunakan yaitu :

a. *Pressure Control (PC)*

Sebuah alat yang digunakan untuk mengendalikan atau mengontrol tekanan. Alat ini akan bekerja apabila tekanan yang terukur tidak sesuai dengan tekanan yang sudah ditentukan. Apabila itu terjadi maka alat ini akan memberikan sinyal berupa bunyi atau nyala lampu.

b. *Temperature Control (TC)*

Sebuah alat control yang terdapat di dalam alat proses yang berguna untuk mengontrol atau mengendalikan suhu di dalam alat proses. Terjadi karena suhu yang tidak sesuai dengan suhu yang sudah ditentukan dapat menimbulkan masalah pada prosesnya. Dan apabila suhu tersebut masih belum sesuai dengan suhu yang ditentukan maka sensor akan berbunyi atau menyala.

c. *Level Control (LC)*

Level Control berguna untuk mengukur ketinggian cairan di dalam suatu alat. Untuk mengukur tinggi permukaan cairan digunakan sebuah *control valve* dengan cara mensetting atau mengatur laju alir cairan yang masuk atau keluar proses.

d. *Flow Ratio Control (FRC)*

Flow Ratio Control berguna untuk mengatur atau mengendalikan kecepatan aliran rasio reflux menara distilasi dengan arah kecepatan aliran fluida menuju tangka penyimpanan produk,

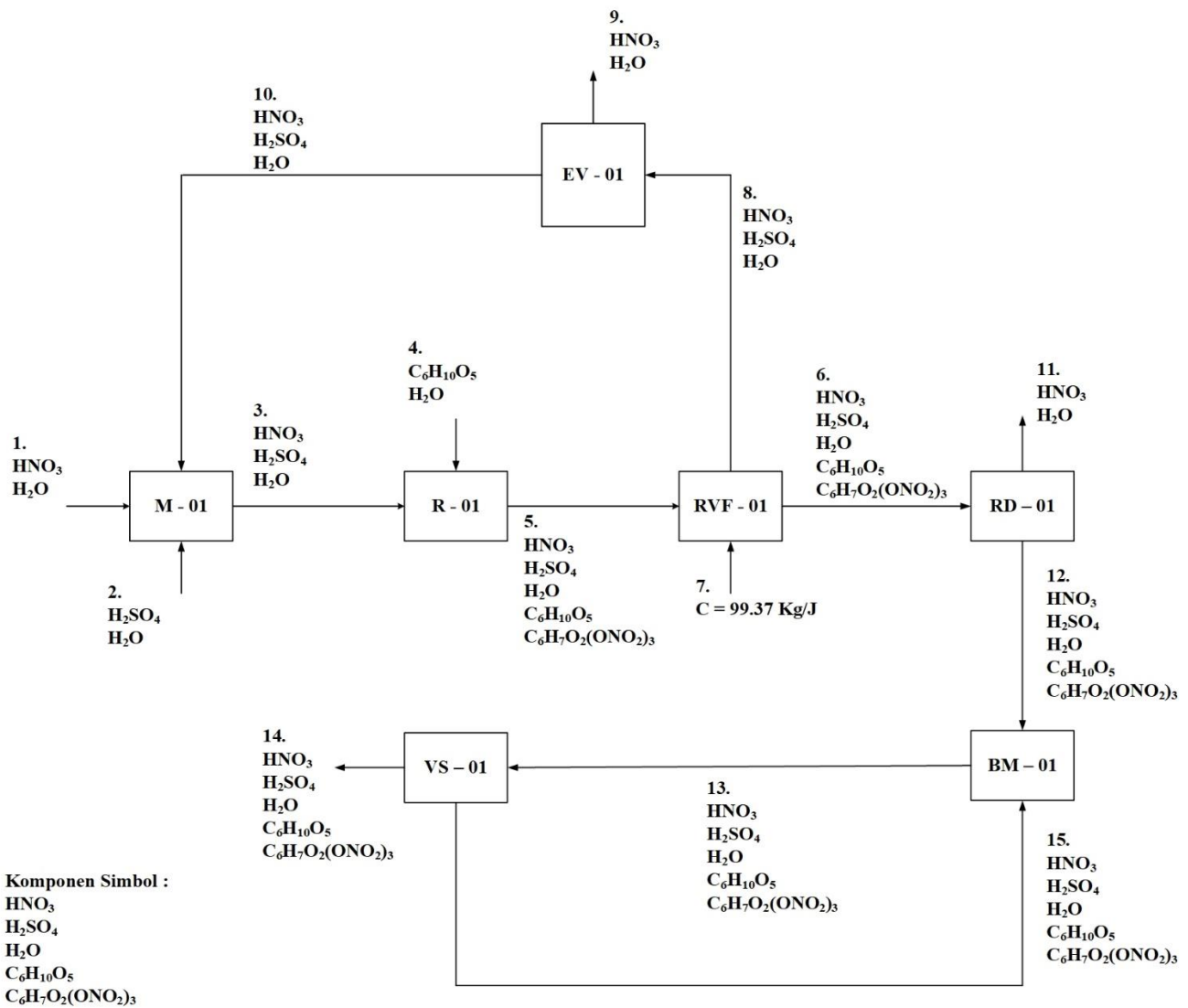
4. Pengendalian Bahan Proses

Pengendalian ini bertujuan untuk mengendalikan ketersediaan bahan baku (*supply material*) agar tidak terjadi kekurangan ketersediaan bahan baku, sehingga proses produksi tidak mengalami kendala dan sesuai dengan kapasitas produksi yang telah ditentukan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

2.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

2.2 Uraian Proses

Proses produksi Nitroselulosa dari Selulosa dan Asam Nitrat berawal dari pembentukan produk dengan bahan baku Selulosa dan Asam Nitrat pada reaksi Nitrasi. Produksi Nitroselulosa dengan kapasitas 10.000 ton/tahun beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama satu tahun. Tahapan proses pada produksi Nitroselulosa dapat digolongkan menjadi tiga tahap, yaitu :

2.2.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Produksi nitroselulosa dengan kapasitas sebesar 10.000 ton/tahun menggunakan bahan baku berupa asam nitrat yang memiliki kemurnian 80% dengan impuritis 20% berupa air disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperature operasi 30° C dan tekanan 1 atm pada tangki 01 (T – 01). Bahan baku asam sulfat yang memiliki kemurnian 98% dengan impuritis 2% air disimpan pada fase cair dengan kondisi operasi 30° C dan tekanan 1 atm pada tangki 02 (T – 02). Untuk bahan baku pendukung seperti dedoxene yang memiliki kemurnian 100% disimpan dalam fase cair dengan kondisi operasi 30°C pada tekanan 1 atm pada tangki 03 (T – 03).

a. Selulosa

Bahan baku Selulosa bubuk dengan kemurnian 98% dikirim dari *Chem-Bright Bioengineering Co., Ltd*, China menggunakan kapal kargo melalui Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta. Kemudian Selulosa dibawa menggunakan truk dan disimpan di dalam Silo 1 dan 2 pada suhu 30° C dan tekanan 1 atm.

b. Asam Nitrat

Asam Nitrat dibeli dari PT. Multi Nitrotama Kimia di Cikampek dan didistribusi menggunakan jalur pemipaan. Asam Nitrat disimpan didalam Tanki (T-01) pada suhu 30° C dan tekanan 1 atm. Sebelum diumpankan ke Reaktor (R-01), Asam Nitrat dicampur dengan katalis Asam Sulfat dalam *Mixer* (M-01). Suhu pencampuran 30° C dan tekanan 1 atm. Setelah itu asam campuran diumpankan ke Reaktor menggunakan Pompa (P-03).

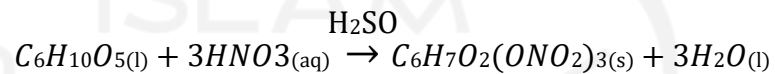
2.2.2 Tahap Persiapan Bahan Baku

Asam Nitrat dari Tangki (T – 01) dipompa (P – 01) untuk mengalirkan bahan baku menuju *Mixer* (M – 01) yang berfungsi untuk mencampurkan bahan baku Asam Nitrat dengan Asam Sulfat yang dipompa (P – 02) dan asam hasil *recycle* dari Evaporator (Ev – 01) yang sudah melewati *cooler* untuk menurunkan suhunya menjadi 30° C. Selanjutnya asam campuran dialirkan menuju reaktor dengan menggunakan Pompa (P – 03). Sedangkan umpan padat berupa Selulosa diumpankan menggunakan *Screw Conveyor* (SC – 01) menuju reaktor (R – 01) untuk direaksikan dengan asam campuran pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm selama 25 menit.

2.2.3 Tahap Pembuatan

Reaktor yang digunakan pada proses ini adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Pada Reaktor, dilengkapi dengan *coil* pendingin yang di dalamnya dialiri air pendingin yang bertujuan untuk menyerap panas reaksi

sehingga kondisi operasi tetap terjaga. Reaksi dijaga pada temperature 40° C dan tekanan 1 atm dengan konversi selulosa 97% serta waktu tinggal 1 jam 25 menit. Perbandingan selulosa dengan asam nitrat yaitu 1 : 3. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut



Hasil dari reaksi ini akan dibawa menuju *Rotary Vacum Filter* (RVF – 01) menggunakan Pompa (P – 04)

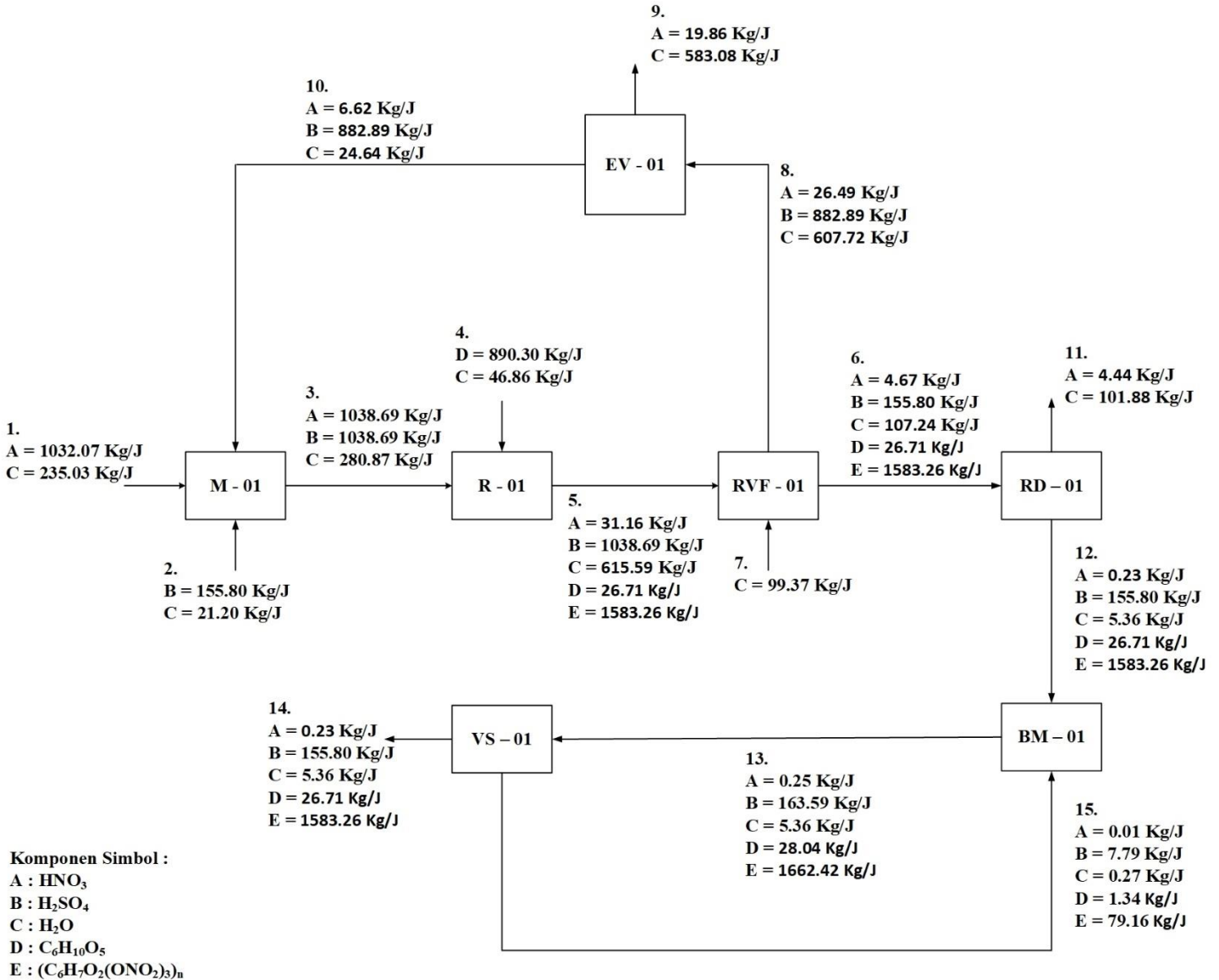
2.2.4 Tahap Pemurnian Produk

Produk keluaran Reaktor (R-01) dialirkan menuju *Rotary Vacum Filter* (RVF - 01) yang dilengkapi dengan air injeksi sebagai air pencuci untuk melarutkan asam campuran yang tersisa sehingga Asam Campuran dan Air sebagai filtrat akan diumpankan ke Evaporator (EV-01) kemudian akan di-*Recycle* menuju *Mixer* (M-01), sedangkan *cake* yang berupa produk Nitroselulosa diumpankan ke dalam *Rotary Dryer* (RD-01) guna mengurangi kandungan air di dalam produk Nitroselulosa, sedangkan air yang teruapkan dari *Rotary Dryer* (RD-01) akan dialirkan menuju UPL. Hasil keluaran dari *Rotary Dryer* (RD-01) dialirkan menuju *Cooling Screw Conveyor* (CSC-01) untuk menurunkan temperaturnya menjadi 30°C. Produk Nitroselulosa keluaran dari *Cooling Screw Conveyor* (CSC-01) dialirkan menuju *Ball Mill* (BM-01) untuk mengecilkan ukuran dari gumpalan-gumpalan menjadi sebesar 60 mesh.

Hasil keluaran dari *Ball Mill* (BM-01) dialirkan menuju *Screener* (SR-01) untuk menyeragamkan ukuran dan dipindahkan menggunakan *Bucket Elevator* (BE-01), ukuran yang sudah seragam dialirkan menuju Silo (SL-04) dan (SL-05). Sedangkan untuk ukuran yang belum terseragamkan dialirkan kembali (*recycle*) menuju *Ball Mill* (BM-01).



2.3 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

2.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Spesifikasi Reaktor

Table 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Reaktor	
Spesifikasi Umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan Selulosa dan Asam Campuran
Jenis	<i>Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Material	<i>Stainless Steel 304</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1
Harga	Rp1.290.643.200,00
Tinggi Tangki (m)	4,47
Kondisi Operasi	
Suhu (C)	40
Tekanan (atm)	1
Kondisi Proses	<i>Non Ishothermal</i>
Konstruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Diameter (ID) Shell	1,5212
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,1875
Tinggi <i>Shell</i> (m)	2,2818
Jenis Head	<i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>
Insulasi	
Bahan Konstruksi	Air Pendingin

Konduktifitas Panas (Btu/Jam. ft ² .F)	0,3315 Btu/Jam. ft ² .F
Tebal Isolasi	0,1875
Spesifikasi Khusus	
Tipe Pengaduk	<i>Turbine Impeller with 6 Blades</i>
Diameter Pengaduk (m)	0,5071
Kecepatan Pengadukan (rpm)	125
Jumlah <i>Baffle</i>	4
Lebar <i>Baffle</i>	0,0862
Mode Transfer Panas	
UD (Btu/Jam.ft ² .F)	953,003
Luas Area Transfer Panas (m ²)	12,732
Dimensi Koil	
NPS	2,5
<i>Schedule Number</i>	40
Panjang Total (m)	10,867
Jumlah Lilitan	3
Tinggi Tumpukan Koil (m)	0,292

3.4.2 Spesifikasi Alat Pemisah

Table 3. 2 Spesifikasi Mixer - 01

<i>Mixer</i>	M-01	
Fungsi	Mencampurkan Asam Nitrat dan Asam Sulfat	
Jenis	Torispherical flanged and dished head dengan pengaduk Turbine Impeller with 6 Flat Blade	
Material	Stainless Steel 304	
Kondisi Operasi	30 C, 1 Atm	
Spesifikasi		
Diameter (m)	2,35	2,95
Tinggi Tangki (m)	4,47	5,59
Tebal <i>Shell</i> (in)	0,0048	0,0048
Diameter Pengaduk (m)	0,73	0,88
Kecepatan Pengaduk (rpm)	320	125
Tenaga Pengaduk (HP)	6,63	0,67
Jenis Jaket	-	-
Mode Transfer Panas		
UD (Btu/Jam.ft ² . F)	-	-
Luas Transfer Panas (m ²)	-	-

2. Spesifikasi Rotary Vacuum Filter

Table 3. 3 Spesifikasi Rotary Vacuum Filter

Rotary Vacum Filter	RVF-01
Fungsi	Memisahkan cake Produk Nitroselulosa dan Asam Campuran beserta air
Jenis	Rotary Drum Vacuum Filter
Material	Stainless Steel 304
Kondisi Operasi	30 °C ; 0,8 atm
Spesifikasi	
Diameter (m)	1,552
Panjang (m)	3,104
Kecepatan Putar (rpm)	1
Tenaga Putar (HP)	20
Waktu Siklus	
Pembentukan <i>Cake</i> (s)	3,131
<i>First Dewatering</i> (s)	21,868
<i>Washing</i> (s)	8,131
<i>Second Dewatering</i> (s)	15
Total Waktu Siklus (s)	47,91

3. Spesifikasi Evaporator

Table 3. 4 Spesifikasi Evaporator

Evaporator	EV-01	
Fungsi	Menguapkan H ₂ O	
Jenis	Long Tube Vertical, Single Effect Evaporator	
Kondisi Operasi	T	115 °C
	P	1 Atm
Bahan	Stainless steel SA 167 grade 3 type 304	
Spesifikasi		
Diameter Shell	10	in
<i>Baffles Spacing</i>	5	in
Diameter <i>Tube</i>	0.92	in
Jumlah <i>Tube</i>	18	buah
Tinggi	1.82	m

5. Spesifikasi Rotary Dryer

Table 3. 5 Spesifikasi Rotary Dryer

<i>Rotary Dryer</i>	
Kode	RD-01
Fungsi	Menghilangkan <i>wet cake</i> produk Nitroselolusa
Jenis	<i>Counter-Current Rotary Dryer</i>
Material	<i>Stainless Steel 304</i>
Kondisi Operasi	110 °C; 1 atm
Spesifikasi	
Diameter (m)	1,14
Panjang (m)	4,54
Tebal	0,5
Kemiringan/ <i>Slope</i> (cm)	4
Kecepatan Putaran (rpm)	10
Power Standar (HP)	3

6. Spesifikasi Ball Mill

Table 3. 6 Spesifikasi Ball Mill

<i>Ball Mill</i>	
Kode	BM-01
Fungsi	Memperkecil ukuran Produk Nitroselulosa hingga 60 mesh
Jenis	<i>Cylindrical-conical Ball Mill</i>
Material	<i>Stainless Steel 304</i>
Kondisi Operasi	30 °C; 1 atm
Spesifikasi	
Diameter (m)	1,09
Panjang (m)	1,64
Kecepatan Putaran (rpm)	18
Daya Motor (HP)	15

7. Spesifikasi Vibrating Screen

Table 3. 7 Spesifikasi Vibrating Screen

<i>Screener</i>	
Kode	SR-01
Fungsi	Mengayak Produk Nitroselulosa sesuai dengan Spesifikasi 20x40 mesh
Jenis	<i>Vibrating Screen</i>
Material	<i>Stainless Steel 304</i>
Kondisi Operasi	30 °C; 1 atm
Spesifikasi	
Ukuran <i>Screen</i>	60 mesh
Luas <i>Screen</i> m ²	0,307
Panjang <i>Screen</i> (m)	0,784
Lebar <i>Screen</i> (m)	0,392

3.4.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Table 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Cair

Tangki	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan kebutuhan asam nitrat (HNO ₃) untuk kebutuhan produksi	Menyimpan kebutuhan asam sulfat (H ₂ SO ₄) untuk kebutuhan produksi
Lama Penyimpanan (Hari)	7	7
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1	2
Jenis Tangki	Silinder tegak dengan torispherical head & flat bottom	Silinder tegak dengan torispherical head & flat bottom
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm
Spesifikasi		
Bahan Kontruksi	Carbon steel SA-283 grade C	Carbon steel SA-283 grade C
Volume Tangki (m ³)	533.24	435.92
Diameter (m)	9.14	8.04
Tinggi (m)	4.57	4.02
Jumlah <i>course</i>	3	3
Tebal <i>shell</i> (in)	0.875	0.375
Head & Bottom		
(Jenis <i>Head</i>)	Torispherical	Torispherical
Tebal <i>Head</i> (in)	0,1875	0,25
(jenis <i>Bottom</i>)	flat bottom	flat bottom
Tebal <i>Bottom</i> (in)	0,0222	0,0223
Harga	Rp1,919,182,806	Rp1,865,624,216

Table 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Padat

Silo	SL-01	SL-02
Fungsi	Menyimpan kebutuhan Selulosa (C6H10O5) untuk proses produksi	Menyimpan kebutuhan Selulosa C6H7O2(ONO2)3 sebelum dipasarkan
Lama Penyimpanan (Hari)	30	30
Fasa	Padat	Padat
Jumlah Tangki	3	2
Jenis Tangki	Silinder tegak dengan Conical Bottom dan Flat Head	Silinder tegak dengan Conical Bottom dan Flat Head
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm
Spesifikasi		
Bahan Kontruksi	Carbon steel SA-283 grade C	Carbon steel SA-283 grade C
Volume Silo (ft ³)	7310.95	5227.06
Diameter (m)	2.53	2.79
Tinggi (m)	6.24	6.92
Jumlah <i>course</i>	3	3
Tebal <i>shell</i> (in)	0.3125	0.25
Head & Bottom		
(Jenis <i>Head</i>)	Torispherical	Torispherical
Tebal <i>Head</i> (in)	0.4375	0.3125
(jenis <i>Bottom</i>)	Conical Bottom	Conical Bottom
Tebal <i>Bottom</i> (in)		
Harga	Rp7,932,027,170	Rp2,920,728,438

3.4.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Table 3. 10 Spesifikasi Pompa

Pompa	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan pelarut HNO ₃ dan H ₂ O dari T-01 menuju M-01	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dan H ₂ O dari T-02 menuju M-01	Memompa Asam Campuran dan H ₂ O dari M-01 menuju R-01
Kondisi Operasi			
Viskositas (cP)	0,1722	19,3438	15,6981
Kapasitas (m ³ /jam)	1,1089	0,7024	0,9563
Head Pump (m)	4,535	4,573	2,936
Suhu Fluida (°C)	30	30	30
Submersibility	<i>Immersed</i>		
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>		
Daya Motor (Hp)	0,083	0,083	0,083
Material Construction	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304
Harga (Rupiah)	207.093.214	207.093.214	207.093.214

Table 3. 11 Spesifikasi Pompa (2)

Pompa	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Memompa hasil produk berupa dari R-01 menuju RVF-01	Memompa hasil produk cair (filtrat) dari RVF-01 menuju EV-01	Memompa Asam Campuran dan H ₂ O dari EV-01 menuju M-01
Kondisi Operasi			
Viskositas (cP)	11,438	11,805	19,069
Kapasitas (m ³ /jam)	2,8637	1,214	0,6048
Head Pump (m)	3,478	2,039	4,568
Suhu Fluida (°C)	40	30	30
Submersibility	<i>Immersed</i>		
Jenis Pompa	<i>Rotary External Gear Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Daya Motor (Hp)	0,115	0,05	0,083
Material Construction	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304
Harga (Rupiah)	207.093.214	207.093.214	207.093.214

Table 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat

Wujud Bahan	Selulosa Dan Nitroselulosa Padat	
Spesifikasi	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>
Kode	SC - 01	SC - 02
Fungsi	Mengangkut selulosa padat menuju reaktor 1	Mengangkut produk keluaran rotary vacuum filter menuju Rotary Dryer
Kondisi Operasi		
Tekanan	1 Atm	
Temperature	30°C	
Bentuk Bahan	<i>Crystal</i>	
Jenis Conveyor	Horizontal Screw Conveyor	Horizontal Screw Conveyor
Kapasitas	1.12	2.25
Speed	40 rpm	40 rpm
Motor Power	0.43 Hp	0.43 Hp
Dimensi		
Panjang	4.572 m	4.572 m
Diameter	0.2286 m	0.2286 m
Material Construction	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Harga Rupiah	Rp 135,681,761	Rp 135,681,762

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Table 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat (2)

Wujud Bahan	Selulosa Dan Nitroselulosa Padat	
Spesifikasi	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>
Kode	SC - 03	SC - 04
Fungsi	Mengangkut produk dari <i>Ball Mill</i> menuju <i>Screener</i>	Mengangkut recycle produk <i>Screener</i> menuju <i>Ball Mill</i>
Kondisi Operasi		
Tekanan	1 Atm	
<i>Temperature</i>	30°C	
Bentuk Bahan	<i>Crystal</i>	
Jenis <i>Conveyor</i>	Horizontal Screw Conveyor	Horizontal Screw Conveyor
Kapasitas	2.23	0.11
<i>Speed</i>	40 rpm	40 rpm
<i>Motor Power</i>	0.43 Hp	0.43 Hp
Dimensi		
Panjang	4.572 m	4.572 m
Diameter	0.2286 m	0.2286 m
<i>Material Construction</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Harga Rupiah	Rp 135,681,761	Rp 135,681,762

Table 3. 14 Spesifikasi Transportasi Bahan Padat (3)

Wujud Bahan	Selulosa Dan Nitroselulosa Padat	
Spesifikasi	<i>Cooling Screw Conveyor</i>	<i>Belt Elevator</i>
Kode	CSC - 01	BE - 01
Fungsi	Mengangkut Produk dari RD (RD-01) sekaligus mendinginkannya dan diangkut menuju ball mill	Mengangkut Produk dari Ball Mill (BM-01) menuju Screener (SC-01)
Kondisi Operasi		
Tekanan	1 Atm	
<i>Temperature</i>	30°C	
Bentuk Bahan	<i>Crystal</i>	
Jenis Conveyor	<i>Horizontal Closed Screw Conveyor</i>	Centrifugal Discharge Bucket Elevator
Kapasitas	1.77	1.77
<i>Speed</i>	40 rpm	43 rpm
<i>Motor Power</i>	0.43 Hp	0.5 Hp
Dimensi		
Panjang	4.572 m	-
Diameter	0.49 m	-
Diameter Pulley	-	Head : 0.508 m Tail : 0.3556 m
Tinggi Bucket	-	-
Tinggi Elevator	-	12.192 m
Material Construction	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Harga Rupiah	Rp 271,363,522	Rp 244,584,227

3.4.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Cooler

Table 3. 15 Spesifikasi Cooler - 01

Fungsi	Mendinginkan fluida dari <i>Evaporator 1</i> ke <i>Mixer 1</i>	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	Air Pendingin	
	Kondisi Operasi	
	Annulus	Tube
Suhu Masuk	150	30
Suhu Keluar	45	40
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban Pendingin	1018634.5244	
	Mechanical Design	
	Annulus	Tube
Panjang	20	
Hairpin	1 buah	
ID	3.07	2.067
OD	3.50	2.38
A	0.02043	0.0233
Pressure Drop	0.08841	0.00014
Rd	0.0147	
Harga	Rp113,365,682	

2. Heater

Table 3. 16 Spesifikasi Heater - 01

Fungsi	Memanaskan fluida dari <i>rotary vacuum filter</i> 2 ke <i>evaporator</i> 2	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	Annulus	Tube
Suhu Masuk	30	250
Suhu Keluar	150	250
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban Panas	114597.8781	
Mechanical Design		
	Annulus	Tube
Panjang	12	
Hairpin	1 buah	
ID	1.38	2.067
OD	1.66	2.38
A	0.00827	0.0104
Pressure Drop	0.00084	0.00429
Rd	0.0163	
Harga	Rp155,319,911	

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

3.5 Neraca Massa

3.5.1 Neraca Massa Total

Table 3. 17 Neraca Massa Total

KOMPONEN	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
HNO ₃	1032.07	24.54
H ₂ SO ₄	155.80	155.80
H ₂ O	402.46	690.32
C ₆ H ₁₀ O ₅	890.30	26.71
C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃		1583.26
TOTAL	2480.63	2480.63

3.5.2 Neraca Massa Alat

1. Reaktor

Table 3. 18 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
HNO ₃	1038.69	0	31.16
H ₂ O	280.87	46.86	615.59
H ₂ SO ₄	1038.69	0.00	1038.69
C ₆ H ₁₀ O ₅	0.00	890.30	26.71
C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃	0.00	0.00	1583.26
Total	3295.41		3295.41

2. Mixer – 01

Table 3. 19 Neraca Massa Mixer - 01

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 9	Arus 3
HNO ₃	1032.07	0	6.62	1038.69
H ₂ O	235.03	21.20	24.64	280.87
H ₂ SO ₄	0.00	155.80	882.89	1038.69
TOTAL	2358.25			2358.25

3. Rotary Vacuum Filter – 01

Table 3. 20 Neraca Massa Rotary Vacuum Filter - 01

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 7	Arus 6 (PADATAN)	Arus 8 (CAIRAN)
HNO ₃	31.16		4.67	26.49
H ₂ O	615.59	99.37	107.24	607.72
H ₂ SO ₄	1038.69		155.80	882.89
C ₆ H ₁₀ O ₅	26.71		26.71	0.00
C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃	1583.26		1583.26	0.00
Total	3394.78		3394.78	

4. Evaporator – 01

Table 3. 21 Neraca Massa Evaporator - 01

Komponen	Q _{in} (kJ/Jam)	Q _{out} (kJ/Jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
HNO ₃	230.797	2666.953	888.984
H ₂ SO ₄	6320.241		70753.387
H ₂ O	12745.305	181536.504	4148.943
Q _s	240698.429		
Total	259994.771	259994.771	

5 Neraca Massa Rotary Dryer

Table 3. 22 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output	
	Arus 6	Arus 11	Arus 12
HNO3	4.67	4.44	0.23
H2O	107.24	101.88	5.36
H2SO4	155.80		155.80
(C6H10O5)n	26.71		26.71
(C6H7O2(ONO2)3)n	1583.26		1583.26
Total	1877.69	1877.69	

6 Neraca Massa Ball Mill

Table 3. 23 Neraca Massa Ball Mill

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output
	Arus 12	Arus 15	Arus 13
HNO3	0.23	0.01	0.25
H2O	5.36	0.27	5.63
H2SO4	155.80	7.79	163.59
(C6H10O5)n	26.71	1.34	28.04
(C6H7O2(ONO2)3)n	1583.26	79.16	1662.42
Total	1859.93		1859.93

7 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Table 3. 24 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
HNO ₃	0.25	0.23	0.01
H ₂ O	5.63	5.36	0.27
H ₂ SO ₄	163.59	155.80	7.79
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	28.04	26.71	1.34
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	1662.42	1583.26	79.16
Total	1859.93	1859.93	

3.6 Neraca Panas

3.6.1 Neraca Panas Alat

1. Reaktor

Table 3. 25 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Q _{in} (kJ/Jam)	Q _{out} (kJ/Jam)
HNO ₃	9050,869	3770,891
H ₂ SO ₄	103311,940	103311,940
H ₂ O	92397,695	173556,686
C ₆ H ₁₀ O ₅	79447,732	77064,300
C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃	-	3232,913
Q _{reaksi}	329328,341	-
Q _{pendingin}	-	252599,847
Total	613536,577	613536,577

2. Mixer – 01

Table 3. 26 Neraca Panas Mixer - 01

Komponen	Qin (kJ/Jam)			Qout (kJ/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 9	Arus 7
HNO ₃	8993,169		57,699	9050,869
H ₂ SO ₄		1115,337	6320,241	7435,577
H ₂ O	4929,189	444,567	516,753	5890,509
Total	22376,954			22376,954

3. Rotary Vacuum Filter – 01

Table 3. 27 Neraca Panas Rotary Vacuum Filter

Komponen	Qin (kJ/Jam)		Qout (kJ/Jam)	
	Arus 5	Arus 7	Arus 6	Arus 8
HNO ₃	271.526		40.729	230.797
H ₂ SO ₄	7435.577		1115.337	6320.241
H ₂ O	12910.451	2084.025	2249.171	12745.305
C ₆ H ₁₀ O ₅	147.327		147.327	
C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃	7230.880		7230.880	
Total	27995.762	2084.025	10783.445	19296.342
	30079.787		30079.787	

4. Evaporator – 01

Table 3. 28 Neraca Panas Evaporator - 01

Komponen	Qin (kJ/Jam)	Qout (kJ/Jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
HNO ₃	230.797	6596.769	2198.923
H ₂ SO ₄	6320.241		135049.022
H ₂ O	12745.305	417563.804	9019.326
Qs	551131.502		
Total	570427.844	570427.844	

7. Rotary Dryer

Table 3. 29 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Qin (kJ/Jam)	Qout (kJ/Jam)	
	Arus 6	Arus 11	Arus 12
HNO ₃	40.729	273.682	2273.660
H ₂ SO ₄	1115.337		1926688.871
H ₂ O	2249.171	14910.103	1906.520
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	147.327		3145.195
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	7230.880		134084.783
Qsteam	2072499.370		
Total	2083282.815	2083282.815	

8. Ball Mill

Table 3. 30 Neraca Panas Ball Mill

Komponen	Qin (kJ/Jam)		Qout (kJ/Jam)
	Arus 12	Arus 15	Arus 13
HNO ₃	2.036	0.102	2.138
H ₂ SO ₄	1115.337	55.767	1171.103
H ₂ O	112.459	5.623	118.081
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	147.327	7.366	154.694
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	7230.880	361.544	7592.424
Total	9038.441		9038.441

9. Vibrating Screen

Table 3. 31 Neraca Panas Vibrating Screen

Komponen	Qin (kJ/Jam)	Qout (kJ/Jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
HNO ₃	2.138	2.036	0.102
H ₂ SO ₄	1171.103	1115.337	55.767
H ₂ O	118.081	112.459	5.623
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	154.694	147.327	7.366
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	7592.424	7230.880	361.544
Total	9038.441	9038.441	

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Hal yang esensial dalam perencanaan mendirikan pabrik adalah pemilihan lokasi pabrik. Pemilihan lokasi pabrik merupakan suatu tahapan menyangkut keberlangsungan pabrik yang baik dalam segi ekonomis maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat. Faktor utama yang diperhatikan yaitu pendirian pabrik tidak hanya dibangun dengan biaya produksi dan biaya operasi yang kecil, selain itu yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan wilayah untuk perluasan pabrik berikutnya.

Lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat disekitar lokasi. Letak geografis yang strategis dapat memudahkan proses produksi dan kegiatan distribusi yang dapat memberikan keuntungan secara finansial. Faktor lain yang perlu diperhatikan diantaranya adalah pengadaan bahan baku, utilitas, serta faktor penunjang lain-lain.

Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu tahapan yang krusial dalam suatu perencanaan pabrik. Ada dua jenis faktor yang dapat memengaruhi penentuan lokasi pabrik, yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi proses produksi dan distribusi. Faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Sarana utilitas yang memadai
3. Transportasi dan distribusi yang lancar
4. Penyediaan tenaga kerja (SDM)
5. Keadaan iklim yang stabil

Dengan memperhatikan faktor-faktor yang dipertimbangkan di atas, maka lokasi yang cukup potensial dan memenuhi syarat untuk lokasi pendirian pabrik Nitroselulosa



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

direncanakan akan berdiri di Kecamatan Ciampel, Karawang, Jawa Barat. Daerah tersebut dipilih sebagai lokasi terbaik untuk mendirikan pabrik Nitroselulosa, hal ini dipertimbangkan karena beberapa hal berikut:

1. Ketersediaan dan kedekatan dengan bahan baku

Lokasi yang telah dipilih berdekatan dengan sumber bahan baku dan pelabuhan dikarenakan bahan baku Asam Nitrat berasal dari PT. Multi Nirotama Kimia dan bahan baku Asam Sulfat berasal dari PT. Indo Barat Rayon yang keduanya terletak di Cikampek, Jawa Barat serta bahan baku *Cellulose Powder* diimpor dari China.

2. Sarana utilitas yang memadai

Kebutuhan air, tenaga listrik dan bahan bakar merupakan factor penunjang yang penting. Lokasi ini mempunyai sarana utilitas yang memadai karena lokasinya berdekatan dengan Sungai Citarum, sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi dengan baik karena berdekatan dengan sumber aliran sungai.

3. Transportasi dan distribusi yang baik

Transportasi bahan baku dan produk yang dihasilkan merupakan salah satu aspek dalam pemilihan lokasi pabrik. Pendirian pabrik di Kecamatan Ciampel, Karawang, Jawa Barat dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah mobilitas transportasi bahan baku dan produk. karena pabrik bahan baku yang dibutuhkan terletak di daerah Karawang. Karawang juga merupakan kawasan industri strategis yang mudah dijangkau melalui transportasi darat karena memiliki akses jalan raya yang cukup besar dan lancar juga berdekatan dengan Ibu Kota Jakarta, serta untuk jalur

transportasi laut berada dalam jalur Merak-Jakarta yang merupakan pintu gerbang Pulau Jawa dan Sumatera. Selain itu Bandara Soekarno-Hatta juga dapat dijangkau dengan mudah sehingga memudahkan pengiriman produk dalam jalur udara.

4. Penyediaan Tenaga Kerja (SDM)

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja yang dibutuhkan mudah untuk didapatkan, baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil yang siap dipekerjakan. Selain itu lapangan pekerjaan sangat dibutuhkan setelah era pandemi sehingga penyediaan tenaga kerja mudah didapatkan.

5. Keadilan iklim yang stabil

Daerah Karawang, Jawa Barat adalah kawasan industri yang memiliki keadaan alam yang menunjang karena terletak di daerah dataran rendah. Temperatur udara di daerah Karawang terbilang normal karena memiliki suhu sekitar 27-33°C. Sehingga kemungkinan operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang secara tidak langsung berperan dalam proses operasional pabrik. Akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri seperti meningkatkan kinerja dari manajemen pabrik dan kesejahteraan tenaga kerja. Faktor-faktor sekunder meliputi :

1. Perluasan Area Unit

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut

dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan, karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan. Di sekitar lokasi yang dipilih masih cukup lumayan luas tanah-tanah kosong sehingga di prediksi dalam waktu 10-20 tahun kedepan masih tersedia lahan apabila terdapat perluasan area pabrik.

2. Lingkungan masyarakat sekitar

Pemilihan lokasi pabrik juga perlu memikirkan kondisi sosial-budaya masyarakat sekitar. Masyarakat sekitar harus dapat menerima dan mendukung dengan berdirinya pabrik baru. Selain itu pendirian pabrik juga tidak mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitar sehingga akan terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik didirikan.

3. Biaya dan perizinan tanah

Sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang kebijakan pengembangan industri, daerah Karawang telah dijadikan sebagai daerah kawasan industri. Sehingga memudahkan perijinan dalam pendirian pabrik. Adapun faktor-faktor lain meliputi :

- Segi keamanan kerja terpenuhi
- Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan keseluruhan lokasi dari bagian yang ada dalam pabrik. Hal ini penting untuk mendapatkan keselamatan dan efisiensi, sehingga bagian-bagian pabrik yang meliputi perkantoran/administrasi, area proses dan penyimpanan bahan baku dan produk, fasilitas karyawan dan lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik harus dirancang dengan baik.

Berikut Gambar 4.2 yang merupakan layout tata letak pabrik

Adapun Tabel 4.1 merupakan perincian luas tanah bangunan pabrik sebagai berikut:

Table 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	10	10	100
2	Kantor Utama	40	20	800
3	Parkir Karyawan	20	10	200
4	Parkir Tamu	20	5	100
5	Parkir Sepeda	10	5	50
6	<i>Power Plant</i>	5	5	25
7	Masjid	20	20	400
8	<i>Area Mess</i>	30	30	900

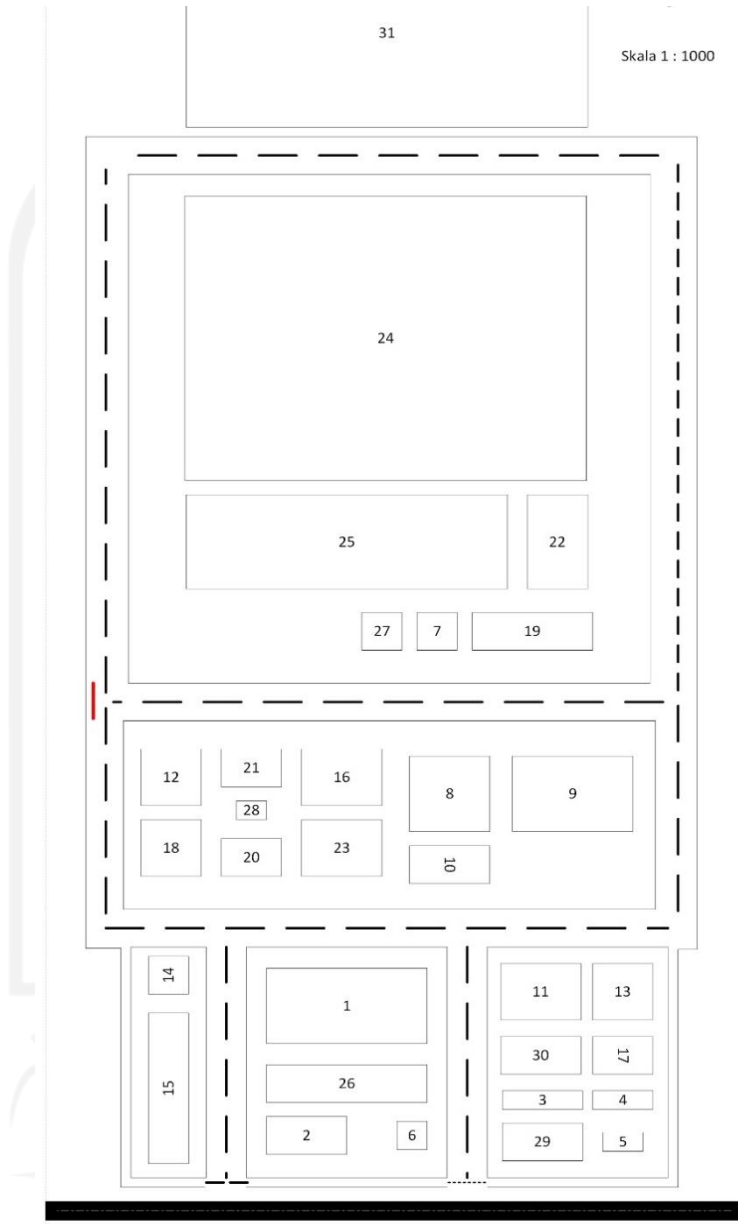
9	Kantin	10	20	200
10	Kantor Teknik dan Produksi	20	15	300
11	Gedung Serba Guna	15	20	300
12	Laboratorium	15	15	225
13	Area Timbang Truk	10	10	100
14	Area Parkir Truk	50	10	500
15	Poliklinik	20	10	200
16	Perpustakaan	10	15	150
17	Unit Pemadam Kebakaran	15	15	225
18	<i>Control Room</i>	30	10	300
19	<i>Control Utilitas</i>	15	10	150
20	Bengkel	15	10	150
21	Unit Pengolahan Limbah	15	15	225
22	Gudang Peralatan	20	15	300
23	Area Proses	100	75	7.500
24	Area Utilitas	80	25	2.000
25	Taman 1	25	20	500
26	Taman 2	10	5	50
27	Taman 3	7	5	35

28	Taman 4	20	15	300
29	Taman 5	10	10	100
30	Daerah perluasan	100	50	5.000
31	Jalan	50	40	2.000
Luas Bangunan				21.134
Luas Tanah		506	382	15.299
Total				36.433

Tata letak pabrik secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 2 Layout Pabrik



Keterangan :

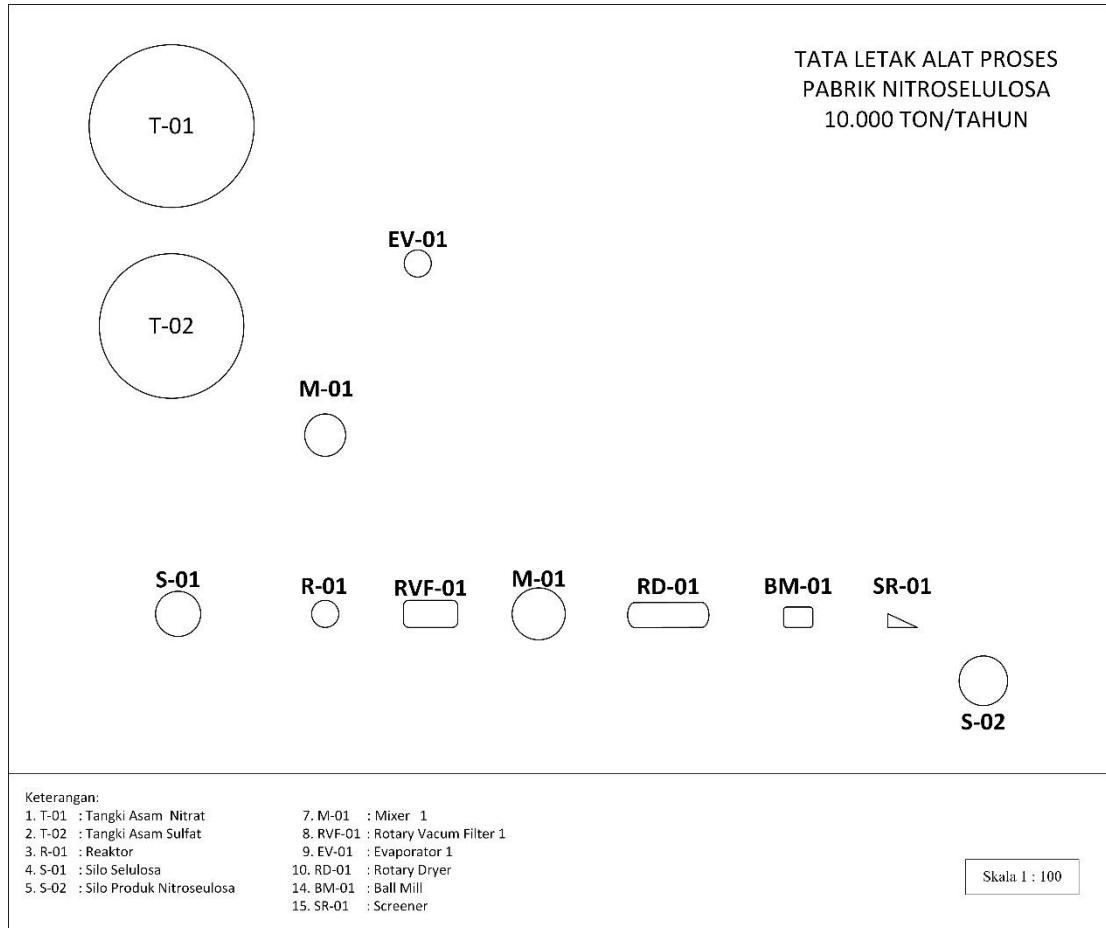
- | | | |
|--------------------|--------------------------------|--|
| 1. Kantor Utama | 11. Kantor Teknik dan Produksi | 21. Bengkel |
| 2. Parkir Karyawan | 12. Gedung Serba Guna | 22. Unit Pengolahan Limbah |
| 3. Parkir Tamu | 13. Laboratorium | 23. Gudang Peralatan |
| 4. Parkir Direksi | 14. Area Tambang Truk | 24. Area Proses |
| 5. Parkir Sepeda | 15. Area Parkir Truk | 25. Area Utilitas |
| 6. Pos Keamanan | 16. Poliklinik | 26. Taman |
| 7. Power Plant | 17. Perpustakaan | 27. Daerah Perluasan |
| 8. Masjid | 18. Unit Pemadam Kebakaran | 28. Emergency Exit — |
| 9. Rest Area | 19. Control Room | 29. Pintu Masuk Khusus Truk - - - - |
| 10. Kantin | 20. Gedung K3 | 30. Pintu Masuk Umum - - - - |

4.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat-alat proses atau *machines layout* adalah penataan alat-alat proses pabrik yang optimum. Tata letak alat diusahakan selesai dengan urutan kerja dan fungsi masing-masing alat. Dalam perancangan *layout* peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :

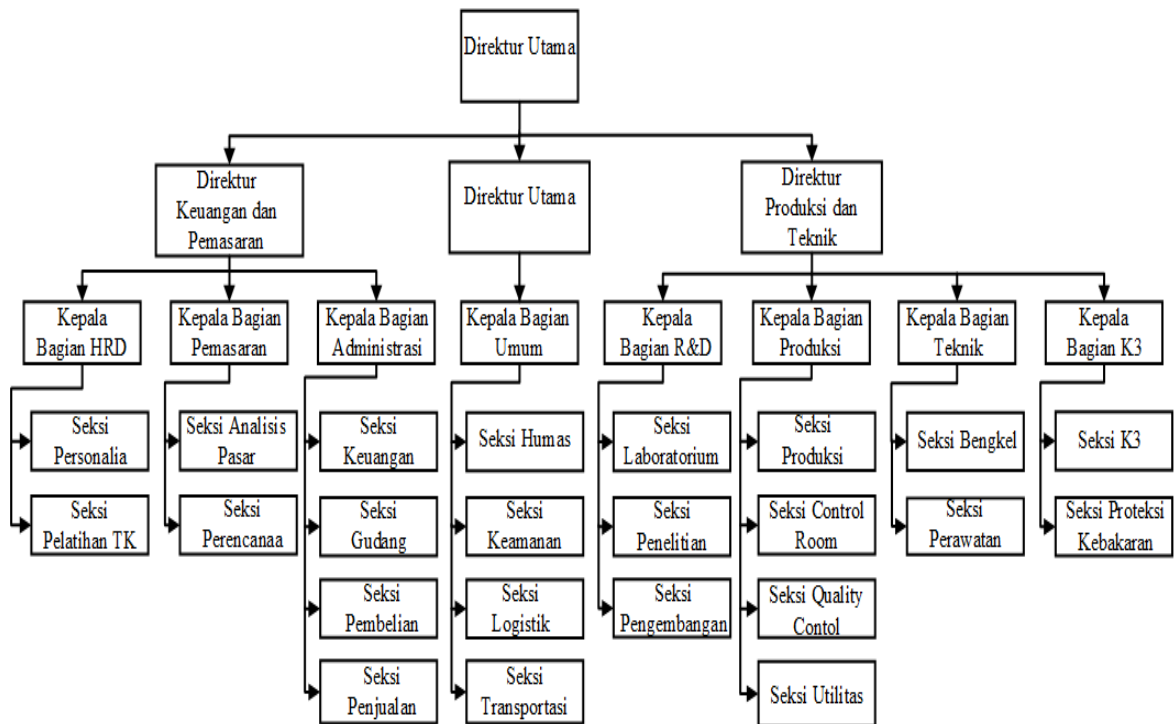
1. Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan nilai ekonomi yang tinggi. Semakin dekat penempatan bahan baku dan produk dengan jalur transportasi, semakin efisien dana yang dikeluarkan.
2. Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan guna menghindari terjadinya stagnasi udara atau keadaan berenti pada suatu tempat berupa akumulasi bahan kimia berbahaya.
3. Cahaya Penerangan seluruh pabrik harus memadai, terutama pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.
4. Penempatan alat-alat proses yang tepat akan mempercepat jalannya proses sehingga menjamin kelancaran proses produksi.
5. Kelancaran lalu lintas barang dan manusia juga berpengaruh terhadap jalannya proses produksi.
6. Tata letak area proses. Penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kemana produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.
7. Jarak antar alat proses. Untuk alat produksi yang mudah meledak atau terbakar

letaknya dijauhkan dari peralatan yang lain, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan peralatan lain.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan



Gambar 4. 4 Struktur organisasi pabrik

4.4.1 Struktur Perusahaan

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yang berbentuk badan hukum. Badan hukum ini disebut perseroan sebab modal terdiri dari penjualan saham dan bank. Perseroan terbatas harus didirikan memakai akte autentik. Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh direksi yang terdiri dari seorang direktur utama dan dibantu oleh direktur lainnya. Direktur dipilih oleh rapat umum anggota, yang dipilih menjadi direktur tidak selalu orang yang memiliki saham, dapat juga orang lain. Pekerjaan direksi sehari-hari diawasi oleh rapat umum para pemilik saham. Untuk

memperlancar koordinasi perusahaan, perlu dibuat struktur organisasi perusahaan sehingga pembagaaian tugas dan wewenang pada masing- masing karyawan dapat berjalan dengan baik. Dengan berbentuk perseroan terbatas, kekuasaan tertinggi ditangan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang memiliki hak untuk menunjuk dewan direksi sebagai penanggung jawab kegiatan perusahaan sehari-hari. Adapun dasar- dasar pertimbangan pemilihan perusahaan perseroan terbatas adalah sebagai berikut:

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, di mana pemegang saham dapat berganti-ganti.
2. Pemegang saham mempunyai tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang-hutang perusahaan, sehingga resiko pemegang saham hanyaterbatas sampai modal yang disetorkan.
3. Dapat memperluas lapangan usaha, karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
4. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Manajemen dan sosialisasi yang lebih memungkinkan pengelolaan sumber sumber modal secara efisien.
6. Pemegang saham melalui rapat umum pemegang saham dapat memilih direktur yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

Tugas, wewenang, dan tanggung jawab masing – masing jabatan adalah sebagai berikut:

1. Dewan Direksi

a. Direktur Utama

Tugas : Melaksanakan fungsi pimpinan dan penanggung jawab tertinggi perusahaan, memimpin semua kegiatan pabrik secara keseluruhan, menentukan dan menerapkan system kerja dan arah kebijaksanaan perusahaan serta bertanggung jawab terhadap kelangsungan pabrik.

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia (S1)

Jumlah : 1 orang

b. Direktur Produksi dan Teknik

Tugas : Bertanggungjawab terhadap kebijaksanaan perusahaan dalam bidang produksi dan bidang teknologi yang secara langsung mendukung proses produksi secara kualitas dan kuantitas.

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Mesin / Teknik Elektro (S1)

Jumlah : 1 orang

c. Direktur Umum

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kebijaksanaan perusahaan dalam bidang hubungan masyarakat, keamanan, transportasi, dan logistic.

Pendidikan : Sarjana Komunikasi / Ekonomi / Hukum / Hubungan Internasional (S1)

Jumlah : 1 orang

d. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Bertanggungjawab terhadap kebijaksanaan perusahaan dalam bidang perencanaan dan pengelolaan lalu lintas keuangan, pemasaran, dan auditing.

Pendidikan : Sarjana Akuntansi / Ekonomi / Manajemen (S1)

Jumlah : 1 orang

2. Kepala Bagian

a. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertugas dan bertanggungjawab terhadap kelangsungan kebijakan yang berhubungan dengan hubungan masyarakat, keamanan, transportasi, dan logistik.

Jumlah : 1 orang

Membawahi : 1 orang kepala seksi hubungan masyarakat
1 orang kepala seksi keamanan
1 orang kepala seksi transportasi
1 orang kepala seksi logistik

b. Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala bentuk administrasi, keuangan, pembelian, dan penjualan

Jumlah : 1 orang

Membawahi : 1 orang kepala seksi keuangan
1 orang kepala seksi gudang
1 orang kepala seksi pembelian
1 orang kepala seksi penjualan

c. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala analisa pasar dan perencanaan.

Jumlah : 1 orang

Membawahi : 1 orang kepala seksi analisa pasar
1 orang kepala seksi perencanaan

d. Kepala Bagian HRD

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala proses *recruitment* pegawai, personalia, dan pelatihan tenaga kerja.

Jumlah : 1 orang

Membawahi : 1 orang kepala seksi personalia
1 orang kepala seksi pelatihan tenaga kerja

e. Kepala Bagian *Research and Development* (RnD)

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala penelitian, laboratorium, beserta pengembangannya..

Jumlah : 1 orang

Membawahi : 1 orang kepala seksi laboratorium
1 orang kepala seksi penelitian
1 orang kepala seksi pengembangan

f. Kepala Bagian Produksi

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala proses produksi, ruang control, quality control, beserta kebutuhan utilitas.

Jumlah : 1 orang
Membawahi : 1 orang kepala seksi quality control
1 orang kepala seksi produksi
1 orang kepala seksi ruang control
1 orang kepala seksi utilitas

g. Kepala Bagian Teknik

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala hal yang berkaitan dengan teknis seperti bengkel dan perawatan
Jumlah : 1 orang
Membawahi : 1 orang kepala seksi quality perawatan
1 orang kepala seksi bengkel

h. Kepala Bagian K3

Tugas : Betugas dan bertanggung jawab terhadap kelangsungan segala Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan proteksi kebakaran.

Jumlah : 1 orang
Membawahi : 1 orang kepala seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

1 orang kepala seksi proteksi kebakaran

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan pabrik agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Berikut table 4.x yang merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Table 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Direktur Utama	1	65,000,000	65,000,000
2	Sekretaris Direktur Utama	1	20,000,000	20,000,000
3	Staff Direktur Utama	1	15,000,000	15,000,000
4	Direktur Prouksi & Teknik	1	35,000,000	35,000,000
5	Staff Direktur Prouksi & Teknik	1	15,000,000	15,000,000
6	Direktur Keuangan & Pemasaran	1	35,000,000	35,000,000
7	Staff Direktur Keuangan & Pemasaran	1	15,000,000	15,000,000
8	Direktur Umum	1	35,000,000	35,000,000
9	Staff Direktur Umum	1	15,000,000	15,000,000
10	Kepala Bagian Produksi dan Logistik	1	15,000,000	15,000,000
11	Kepala Bagian Teknik	1	15,000,000	15,000,000
12	Kepala Bagian Pengembangan Proses & Teknologi	1	15,000,000	15,000,000

13	Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	1	15,000,000	15,000,000
14	Kepala Bagian Keuangan	1	15,000,000	15,000,000
15	Kepala Bagian Pemasaran	1	15,000,000	15,000,000
16	Kepala Bagian Umum	1	15,000,000	15,000,000
17	Kepala Bagian Personalia	1	15,000,000	15,000,000
18	Kepala Seksi Produksi	1	13,000,000	13,000,000
19	Kepala Seksi <i>Control Room</i>	1	13,000,000	13,000,000
20	Kepala Seksi <i>Quality Control</i>	1	13,000,000	13,000,000
21	Kepala Seksi Utilitas & Pengolahan Limbah	1	13,000,000	13,000,000
22	Kepala Seksi Perawatan Pabrik	1	13,000,000	13,000,000
23	Kepala Seksi Instrumentasi Listrik	1	13,000,000	13,000,000
24	Kepala Seksi Penelitian Proses & Teknologi	1	13,000,000	13,000,000
25	Kepala Seksi Keselamatan Kerja & Proteksi Kebakaran	1	13,000,000	13,000,000
26	Kepala Seksi Medis	1	13,000,000	13,000,000
27	Kepala Seksi Keuangan	1	13,000,000	13,000,000
28	Kepala Seksi Pembelian	1	13,000,000	13,000,000
29	Kepala Seksi Penjualan	1	13,000,000	13,000,000
30	Kepala Seksi Analisa Pasar	1	13,000,000	13,000,000
31	Kepala Seksi Perencanaan Pemasaran	1	13,000,000	13,000,000

32	Kepala Seksi Pelayanan Umum	1	13,000,000	13,000,000
33	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	13,000,000	13,000,000
34	Kepala Seksi Keamanam	1	13,000,000	13,000,000
35	Kepala Seksi Transportasi	1	13,000,000	13,000,000
36	Kepala Seksi Gudang	1	13,000,000	13,000,000
37	Kepala Seksi Personalia	1	13,000,000	13,000,000
38	Kepala Seksi Pelatihan Tenaga Kerja	1	13,000,000	13,000,000
39	Karyawan Produksi	1	10,000,000	10,000,000
40	Karyawan <i>Control Room</i>	1	10,000,000	10,000,000
42	Karyawan <i>Quality Control</i>	1	10,000,000	10,000,000
43	Karyawan Utilitas & Pengolahan Limbah	1	10,000,000	10,000,000
44	Karyawan Perawatan Pabrik	1	10,000,000	10,000,000
45	Karyawan Instrumentasi Listrik	1	10,000,000	10,000,000
46	Karyawan Penelitian Proses & Teknologi	1	10,000,000	10,000,000
47	Karyawan Keselamatan Kerja & Proteksi Kebakaran	1	10,000,000	10,000,000
48	Karyawan Laboratorium	1	10,000,000	10,000,000
49	Karyawan Keuangan	1	10,000,000	10,000,000
50	Karyawan Pembelian	1	10,000,000	10,000,000
51	Karyawan Penjualan	1	10,000,000	10,000,000
52	Karyawan Analisa Pasar	1	10,000,000	10,000,000

53	Karyawan Perencanaan Pemasaran	1	10,000,000	10,000,000
54	Karyawan Pelayanan Umum	1	10,000,000	10,000,000
55	Karyawan Hubungan Masyarakat	1	10,000,000	10,000,000
56	Karyawan Transportasi	1	10,000,000	10,000,000
57	Karyawan Gudang	1	10,000,000	10,000,000
58	Karyawan Personalia	1	10,000,000	10,000,000
59	Karyawan Pelatihan Tenaga Kerja	1	10,000,000	10,000,000
60	Dokter	2	18,000,000	36,000,000
61	Perawat	3	8,500,000	25,500,000
62	Satpam	5	7,800,000	39,000,000
63	Sopir	2	7,800,000	15,600,000
64	<i>Office Boy</i>	5	7,200,000	36,000,000
65	Operator Operasi	24	8,000,000	192,000,000
66	Operator Utilitas	11	8,000,000	88,000,000
Total		110		1,275,100,000

4.4.2 Jam Kerja Karyawan

Pabrik dari Nitroselulosa ini direncanakan akan beroperasi selama 24 jam/hari secara kontinyu. Jumlah hari kerja 330 hari selama setahun, sisa hari yang lain digunakan untuk perawatan dan perbaikan. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan digolongkan menjadi 2, yaitu:

6. Karyawan *Non – Shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang secara tidak langsung menangani proses produksi. Karyawan yang termasuk dalam kelompok ini adalah direktur, manager, kepala bagian dan semua karyawan bagian umum. Karyawan *non – shift* bekerja selama 5 hari seminggu dan libur pada hari Sabtu, Minggu dan Hari Besar, dengan jam kerja:

Table 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan non shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	08.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jum'at	07.30 - 16.00	11.30 - 13.00

7. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang bekerja secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari suatu pabrik yang berkaitan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran proses produksi. Karyawan yang termasuk karyawan shift yaitu operator pada bagian produksi dan utilitas , bagian listrik dan instrumentasi, kepala *shift* dan satpam. Sistem kerja untuk karyawan produksi diatur dengan melakukan pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi membutuhkan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus atau kontinyu. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran shift sedangkan 1 regu libur.

Seluruh karyawan *shift* memperoleh cuti lama 12 hari tiap tahunnya. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* sebagai berikut.

Table 4. 4 Sistem Kerja Shift Karyawan

Group	Hari							
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	Senin
A	1	1	2	2	3	3	<i>Off</i>	<i>Off</i>
B	2	2	3	3	<i>Off</i>	<i>Off</i>	1	1
C	3	3	<i>Off</i>	<i>Off</i>	1	1	2	2
D	<i>Off</i>	<i>Off</i>	1	1	2	2	3	3

Keterangan:

1, 2, dan 3 : *Shift*

A, B, C, dan D : Kelompok Kerja (*Shift*)

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas adalah sekumpulan unit proses yang memiliki tugas untuk menyediakan sarana – sarana penunjang proses produksi dalam suatu industry. Fasilitas – fasilitas yang terdapat di dalam unit utilitas diantaranya :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air
2. Unit pembangkit *steam*
3. Unit pembangkit listrik
4. Unit penyedia udara tekan
5. Unit penyedia bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Umumnya kebutuhan air suatu industri dipenuhi menggunakan air sungai, air danau, air sumur atau bahkan air laut sebagai sumbernya. Perancangan pabrik *nitrocellulose* ini menggunakan Sungai Cibereum sebagai sumber air karena dekat dengan lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi terhadap alat-alat penukar panas maka dibutuhkan pengolahan air sungai yang dilakukan secara fisis dan

kimia. Adapun pertimbangan dalam memilih air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relative tinggi, sehingga selalu tersedia dan akan terhindarkan dari kendala kekurangan air.
- Pengolahan air sungai *relative* lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan *relative* murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar karena membutuhkan alat dengan biaya yang lebih mahal.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut

a. Air Domestik

Menurut standar yang sudah ditetapkan oleh WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 110 orang. Maka total kebutuhan air domestik sebesar:

Table 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan Air (Kg/J)
1	Karyawan	13500
2	Perumahan Karyawan	12000
3	Kantor	4000
Total		29500

b. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk peralatan pada pabrik *nitrocellulose* dapat dilihat pada table 5.2 dibawah ini

Table 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (Kg/Jam)
Cooler - 01	CL - 01	1903,935
Cooling Screw Conveyor	CSC - 01	302,334
Reactor - 01	R - 01	6041,469
Total		8247,738

Perancangan air pendingin dibuat *over design* sebesar 20% sehingga kebutuhannya menjadi 16248.16 Kg/Jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin akan mengalami *blowdon* pada unit *cooling tower* sehingga dibutuhkan air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 368.292 Kg/Jam.

c. Air Steam

Kebutuhan air pemanas (*steam*) untuk peralatan pada pabrik *nitrocellulose* dapat dilihat pada table 5.3 dibawah ini.

Table 5. 3 Kebutuhan Air Pemanas (Steam)

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (Kg/Jam)
Heater - 01	HE - 01	57,12
Steam Evaporator 1		3089,259754
Total		3146,381435

Perancangan untuk *steam* dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 4186 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85% akan dimanfaatkan kembali, sehingga dibutuhkan 15% air *make-up*, karena akan terjadi *blowdown* pada *boiler* sebesar 15% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 837 kg/jam.

d. Air Proses

Kebutuhan air proses untuk proses produksi pada *nitrocellulose* dapat dilihat pada table 5.4 dibawah ini.

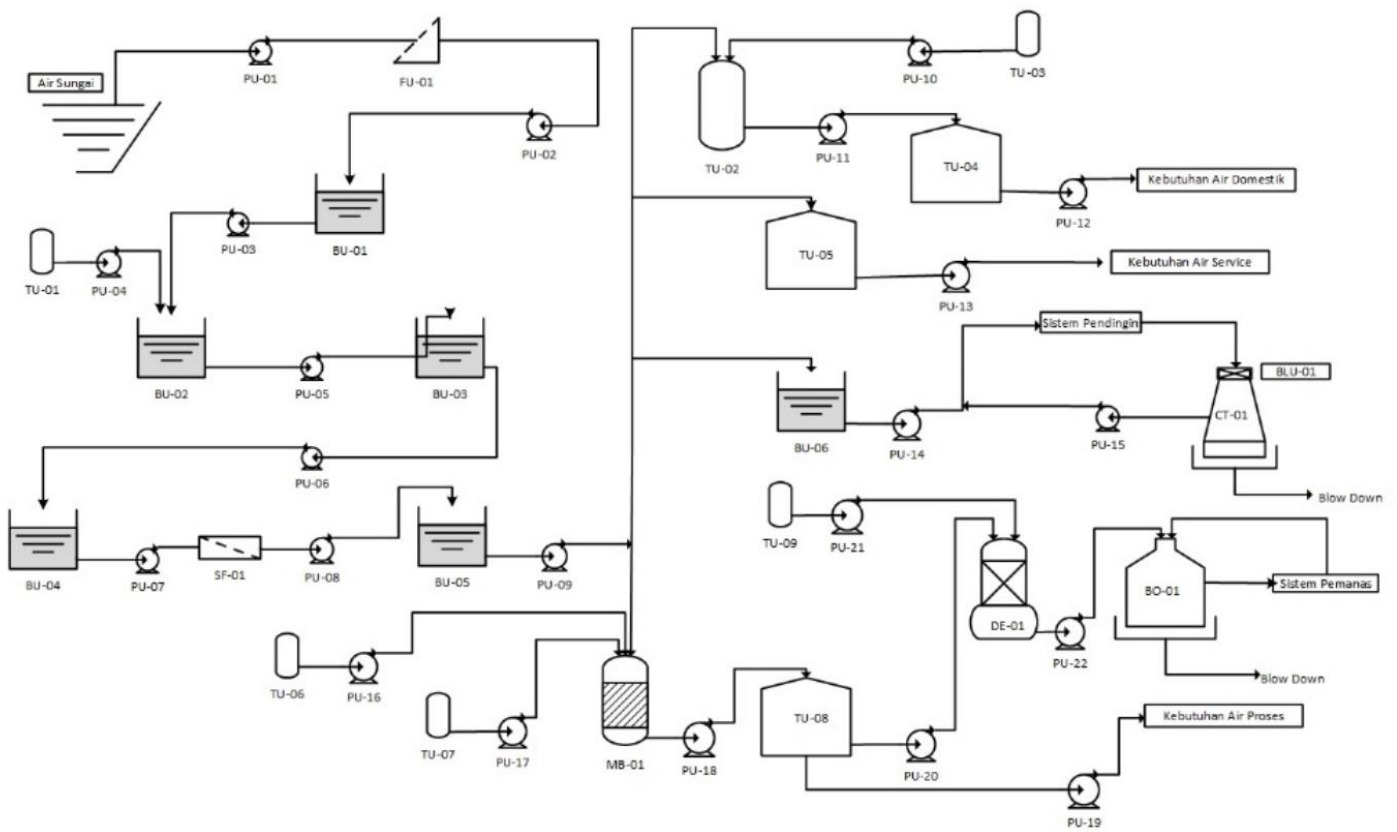
Table 5. 4 Kebutuhan Air Proses

No.	Alat	Kode	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	Rotary Vacuum Filter 1	RVF - 01	99,37
Jumlah			99,37

Perancangan kebutuhan air proses dibuat *over design* 20% sehingga kebutuhan airnya menjadi 239,244 Kg/Jam.

e. Air Service

Perkiraan kebutuhan air service untuk keperluan layanan umum seperti laboratorium, bengkel, kantin, masjid, pemadam kebakaran dan lain – lain sebesar 166,667 kg/jam



Keterangan

- | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| FU-01 : Screening/Saringan 01 | BU-06 : Bak Air Pendingin 06 | TU-06 : Tangki NaCl 06 | MB-01 : Mixed Bed 01 |
| BU-01 : Bak Pengendapan Awal 01/Sedimentasi | TU-01 : Tangki Larutan Alum 01 | TU-07 : Tangki NaOH 07 | DE-01 : Tangki Deaerator 01 |
| BU-02 : Bak Penggumpal & flokulator 02 | TU-02 : Tangki Klorinasi 02 | TU-08 : Tangki Air Demin 08 | BO-01 : Boiler 01 |
| BU-03 : Bak Pengendap 03 | TU-03 : Tangki Kaporit 03 | TU-09 : Tangki N2H4 09 | BL-01 : Blower Cooling Tower 01 |
| BU-04 : Bak Pengendap 04 | TU-04 : Tangki Air Bersih 04 | SF-01 : Sand Filter 01 | PU-01 - 22 : Pompa Utilitas |
| BU-05 : Bak Penampung Sementara 05 | TU-05 : Tangki Air Service 05 | CT-01 : Cooling Tower 01 | |

Gambar 5. 1 Layout utilitas

5.1.2 Unit Pengolahan Air

a. Penghisapan

Air didapat dari sungai kemudian dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan kotoran - kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah melalui tahap screening air akan ditampung di dalam reservoir.

b. *Screening*

Tahap ini dilakukan untuk menyaring kotoran - kotoran yang berukuran cukup besar seperti dedaunan, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terkandung di dalam air akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa harus dipasang penyaring (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas yang berguna untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi lebih cepat rusak.

c. Penggumpalan/ Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur

karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan *flok* yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk *flok* tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

e. Sand filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan air bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- *Service water*
- Air domestik
- *Make up cooling tower*
- Bahan baku *demin plant*

g. Demineralisasi

Proses demineralisasi ini mempunyai tujuan untuk menyiapkan air murni bebas mineral - mineral terlarut seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , sehingga didapatkan air bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan sebagai air umpan Boiler dan air proses produksi. Peralatan yang bisa digunakan untuk pembuatan *Demin Water* ini adalah :

- *Mixed bed*

Unit Mixed Bed adalah tempat pembersihan air yang terakhir yang akan dipakai untuk mengisi Boiler bertekanan tinggi dimana resin anion dan resin kation digabungkan dalam satu *vessel*. Kation akan terambil oleh resin kation dan anion terambil oleh resin anion. Apabila *mixed bed* sudah jenuh, maka dilakukan regenerasi, sehingga kondisi resin dapat berfungsi kembali seperti semula.

h. *Deaerator*

Tujuan dari unit ini adalah menghilangkan gas-gas terlarut terutama O₂ dan CO₂ yang masih terikat dalam *feed water* yang telah didemineralisasi. Gas-gas tersebut dihilangkan agar tidak menyebabkan korosi pada alat proses.

5.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada proses produksi *nitrocellulose*, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas : 245,063 Kg/Jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikat dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu perlu diatur pH airnya sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 200 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini diperoleh dan dipenuhi oleh PLTU Krakatau Daya Listrik dan generator diesel. Sebagai tenaga cadangan ketika PLTU mengalami gangguan maka disediakan generator diesel. Diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan tenaga yang dinilai penting antara lain boiler, kompressor, dan pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah:

Kapasitas : 152,353 kW

Jenis : *Generator Set*

Jumlah : 1

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

- a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Table 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer	M-01	7,5	5592,75
Reaktor	R-01	0,75	559,275
Rotary Vacuum Filter	RVF-01	25	18642,5

Evaporator	EV - 01	7,5	5592,75
Rotary Dryer	RD-01	2	1491,4
Ball Mill	BM-01	10	7457
Vibrating Screen	VS-01	4	2982,8
Bucket Elevator	BE-01	0,5	372,85
Cooling Screw Conveyor	CSC-01	0,43	320,651
Screw Conveyor	SC-01	0,43	320,651
	SC-02	0,43	320,651
	SC-03	0,43	320,651
	SC-04	0,43	320,651
Pompa	P-01	0,08	62,14
	P-02	0,05	37,285
	P-03	0,08	62,14
	P-04	0,17	124,28
	P-05	0,05	37,285
	P-06	0,08	62,14
Total		59,917	44679,858

Total power yang dibutuhkan untuk seluruh alat proses = 44679,858 Watt = 44,680 kW

b. Kebutuhan listrik untuk alat utilitas

Table 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Cooling Tower	CT-01	5.00	3728.5000
Kompresor Udara Tekan	KU-01	2.00	1491.4000
Blower	BL-01	5.00	3728.5000
Pompa	PU-01	1.00	745.7000
	PU-02	5.00	3728.5000
	PU-03	2.00	1491.4000
	PU-04	0.05	37.2850
	PU-05	2.00	1491.4000

	PU-06	3.00	2237.1000
	PU-07	0.75	559.2750
	PU-08	2.00	1491.4000
	PU-09	2.00	1491.4000
	PU-10	0.05	37.2850
	PU-11	1.00	745.7000
	PU-12	3.00	2237.1000
	PU-13	0.05	37.2850
	PU-14	0.75	559.2750
	PU-15	0.75	559.2750
	PU-16	0.05	37.2850
	PU-17	0.05	37.2850
	PU-18	0.05	37.2850
	PU-19	0.05	37.2850
	PU-20	0.25	186.4250
	PU-21	0.25	186.4250
	PU-22	0.50	372.8500
	Total	36.60	27292.6200

Total power yang dibutuhkan = 27.292,62 Watt = 27,296 Kw

Total listrik yang dibutuhkan untuk motor penggerak = 105,8496 kW

c. Kebutuhan listrik alat control

Power yang dibutuhkan untuk alat control diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 26,4624 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 15,8774 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

$$P = 15,8774 \text{ kW}$$

f. Kebutuhan listrik untuk laboratorium, bengkel, dan lain – lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 15,8774 \text{ kW}$$

g. Kebutuhan listrik untuk perumahan

Setiap rumah memerlukan listrik = 1.000 Watt

Jumlah rumah = 30 Unit

Kebutuhan listrik perumahan = 30.000 Watt

$$= 30 \text{ kW}$$

Total kebutuhan listrik pabrik adalah 209,944 kW, dapat dilihat berdasarkan tabel 5.7 dibawah ini

Table 5. 7 Kebutuhan Listrik Perumahan

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1.	Power Plant	78.557
2.	Utilitas	27.293
3.	Alat Kontrol	26.462
4.	Penerangan	15.877
5.	Peralatan Kantor	15.877
6.	Bengkel, Laboratorium	15.877
7.	Perumahan	30.000
Total		209.944

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai generator cadangan apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen instrumen *control*. Udara tekan yang diperlukan didistribusikan pada tekanan 5,5 bar serta dalam kondisi bersih. Dalam pabrik *nitrocellulose* ini terdapat sekitar 13 alat control yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan dapat diuraikan sebagai berikut. Udara dari lingkungan ditekan menggunakan *compressor* yang dilengkapi *filter* (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 5,5 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 24,2986 m³ /jam.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 31,0009 L/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan.

Limbah cair yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah :

- a. Air buangan sanitasi mengandung bakteri-bakteri dari berbagai sumber kotoran. Penanganan limbah ini dengan menggunakan lumpur aktif dan *cahypochloride* sebagai desinfektan.
- b. Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Table 5. 8 Spesifikasi Screener Utilitas

Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Bahan	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas (Kg/jam)	66431.00935
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter (m)	1
Jumlah	1

Table 5. 9 Spesifikasi Sand Filter Utilitas

Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Bahan	Bak berbentuk balok
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran pasir (<i>mesh</i>)	28
Spesifikasi	
Volume (m ³)	6,90
Panjang (ft)	2,40
Lebar (ft)	2,40
Tinggi (m)	1,20
Jumlah	1

Table 5. 10 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas

Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (ft)	1,60
Lebar (ft)	1,60
Tinggi (m)	4,60
Jumlah	1

Table 5. 11 Spesifikasi Mixed Bed

Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Tangki silinder tegak
Resin	Zeolit
Spesifikasi	
Diameter tangki (m)	0,15
Tinggi tangki (m)	1,82
Tinggi <i>bed</i> (m)	1,52
Volume <i>bed</i> (m ³)	0,0298
Volume bak resin (m ³)	180,31
Tebal (in)	0,19
Jumlah	1

Table 5. 12 Spesifikasi Dearator

Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin
Jenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	8,37
Diameter (m)	2,94
Tinggi (m)	5,89
Volume (m ³)	20,09
Jumlah	1,00

Table 5. 13 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m3 /jam)	13934.51
Efisiensi	0,86
Power (Hp)	3
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1



Table 5. 14 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran – kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispresi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O2)	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi	Bak silinder tegak	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi panjang
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang
Spesifikasi						
Panjang (m)	15,38	-	15,11	15,11	4,97	7,3
Lebar (m)	15,38	-	15,11	15,11	4,97	7,3
Tinggi (m)	7,69	4,5	7,55	7,55	2,48	3,65
Diameter (m)	-	4,5	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Table 5. 15 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak berpengaduk	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Spesifikasi				
Tinggi (m)	2,42	3,60	0,93	10,38
Diameter (m)	1,21	3,60	0,46	10,38
Volume (m ³)	2,79	36,67	0,08	880,20
Jumlah	1	1	1	1

Table 5. 16 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>anion exchanger</i>	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan <i>boiler</i> .	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Spesifikasi					
Tinggi (m)	1,82	0,53	0,67	2,06	4,70
Diameter (m)	1,82	0,53	0,67	2,06	2,35
Volume (m ³)	4,80	0,12	0,24	6,89	10,21
Jumlah	1	1	1	1	1

Table 5. 17 Spesifikasi Pompa Utilitas

Pompa	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air sungai dari <i>screening</i> ke <i>Reservoir/</i> Sedimentasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (B-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi/ flokulasi (B-02) menuju ke Bak Pengendap(BU-03)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	343,30	326,13	309,82	0,1438	309,82
Spesifikasi					
Head Pompa (ft)	6,79	25,23	14,79	17,74	14,79
Sch.	40	40	40	40	40
Tenaga Pompa (HP)	0,72	2,66	1,48	0,0016	1,48
Tenaga Motor (HP)	1	5	2	0,05	2

Table 5. 18 Spesifikasi Pompa Utilitas (2)

Pompa	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak pengendap (BU-03) menuju Bak Pengendap 4 (BU-04)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-02) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak <i>Sand Filter</i> / Bak Saringan Pasir (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-05) menuju area kebutuhan air	Mengalirkan kaporit dari Bak Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial flow impeelers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan	<i>Comercial steel</i>				
Kapasitas (gpm)	280,08	265,63	265,63	265,63	0,81
Spesifikasi					
<i>Head</i> Pompa (ft)	24,80	5,81	10,04	14,42	4,39
Sch.	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tenaga Pompa (HP)	2,27	0,51	0,88	1,27	0,0022
Tenaga Motor (HP)	3	0,75	2	2	0,05

Table 5. 19 Spesifikasi Pompa Utilitas (3)

Pompa	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-02) menuju Tangki air bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari Tangki air bersih (TU-04) menuju kebutuhan domestik	Mengalirkan air dari Tangki air service (TU-04) menuju kebutuhan service	Mengalirkan air dari Bak air pendingin (BU-06) menuju Cooling Tower (CT-01)	Mengalirkan air dingin dari Cooling Tower (CT-01) ke recycle dari Bak Air Dingin (BU-06)	Mengalirkan larutan NaCl dari Tangki NaCl (TU-01) menuju Mixed bed (MB-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>					
Tipe	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial flow impeelers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	157,94	157,94	0,86	83,96	83,96	0,08
Spesifikasi						
Head Pompa (ft)	12,62	35,16	7,76	15,11	15,89	6,00
Sch.	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tenaga Pompa (HP)	0,67	1,88	0,0025	0,46	0,746	0,0003
Tenaga Motor (HP)	1	3	0,05	0,75	0,75	0,05

Table 5. 20 Spesifikasi Pompa Utilitas (4)

Pompa	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21	PU-22
Fungsi	Mengalirkan larutan NaOH dari Tangki NaOH (TU-01) menuju <i>Mixed bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (MB-01) menuju Tangki air demin (TU-09)	Mengalirkan air dari Tangki air demin (TU-09) menuju kebutuhan proses	Mengalirkan air dari Tangki air demin (TU-09) menuju <i>Deaerator</i> (DE-01)	Mengalirkan N ₂ H ₄ dari tangki N ₂ H ₄ (TU-10) menuju <i>Deaerator</i> (DE-01)	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (DE-01) ke <i>Boiler</i> (BO-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>					
Tipe	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	0,086	1,23	1,23	21,63	10,28	21,63
Spesifikasi						
<i>Head</i> Pompa (ft)	6	8,83	14,43	21,22	31,55	25,41
Sch.	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tenaga Pompa (HP)	0,0002	0,0043	0,01	0,19	0,13	0,35
Tenaga Motor (HP)	0,05	0,05	0,05	0,25	0,25	0,50

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi perancangan pabrik *Nitrocellulose* merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan dilakukannya evaluasi ekonomi bisa untuk memperkirakan modal investasi untuk mengetahui apakah pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak jika didirikan. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat – alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga alat tersebut digunakan sebagai dasar patokan untuk estimasi evaluasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan melihat kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh kedepannya, lamanya modal penanaman investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas atau balik modal.

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - a. *Percent return on invesment (ROI)*
 - b. *Pay out time (POT)*
 - c. *Break event point (BEP)*
 - d. *Shut down point (SDP)*
 - e. *Discounted cash flow (DCF)*

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang dipeoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat diketahui apakah pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan atau tidak maka dilakukan Analisa kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

- a. *Percent return on invesment (ROI)*

Percent return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

- b. *Pay out time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break event point (BEP)*

Break Event Point adalah terjadinya titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

d. *Shut down point (SDP)*

Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted cash flow (DCF)*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*Discounted Cash Flow*” merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat

ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI*

Table 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1991-2015

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1
6	1996	381,7
7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,3
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6
17	2007	525,4
18	2008	575,4
19	2009	521,9
20	2010	550,8
21	2011	585,7
22	2012	584,6
23	2013	567,3
24	2014	576,1
25	2015	556,8

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dimana :

E_x : Harga pembelian pada tahun 2026

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : *Index* harga pada tahun 2026

N_y : *Index* harga pada tahun referensi

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukakan oleh Peters dan Timmerhaus tahun 2003 seta data yang sudah diperoleh dari www.matche.com/equipcost . Berdasarkan data nilai CEP indeks yang ada kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui nilai CEP indeks pada tahun referensi dan tahun pembelian. Nilai CEP indeks pada tahun referensi 2014 adalah 570.91. Sementara nilai CEP indeks pada tahun pembelian yaitu tahun 2026 adalah 686.91. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Table 6. 2 Harga Alat Proses

No .	Nama Alat	Kode Alat	Jumla h	NY	NX	CY	CX
				2014	2026	2014	2026
1	Tangki penyimpanan HNO ₃	T - 01	1	576.1	686.905	\$107,500	\$128,176.24
2	Tangki penyimpanan H ₂ SO ₄	T - 02	1	576.1	686.905	\$104,500	\$124,599.23
3	Silo C ₆ H ₁₀ O ₅	SL - 01	3	576.1	686.905	\$148,100	\$529,755.37
4	Silo NitroCellulose	SL - 02	2	576.1	686.905	\$81,800	\$195,066.35
5	Mixer - 01	M - 01	1	576.1	686.905	\$228,300	\$272,210.56
6	Reaktor	R - 01	1	576.1	686.905	\$86,400	\$103,017.92
7	Rotary Vacuum Filter - 01	RVF - 01	1	576.1	686.905	\$185,200	\$220,820.83
8	Evaporator - 01	EV - 01	1	576.1	686.905	\$175,350	\$209,076.31
9	Rotary Dryer	RD - 01	1	576.1	686.905	\$180,900	\$215,693.78
10	Ball Mill	BM - 01	1	576.1	686.905	\$92,100	\$109,814.25
11	Vibrating Screen	VS - 01	1	576.1	686.905	\$6,600	\$7,869.42
12	Heater - 01	HE - 01	1	576.1	686.905	\$8,700	\$10,373.33
13	Cooler - 01	CL - 01	1	576.1	686.905	\$6,350	\$7,571.34
14	Cooling Screw Conveyor	CSC - 01	2	576.1	686.905	\$7,600	\$18,123.52
15	Screw Conveyor - 01	SC - 01	2	576.1	686.905	\$3,800	\$9,061.76
16	Screw Conveyor - 02	SC - 02	2	576.1	686.905	\$3,800	\$9,061.76
17	Screw Conveyor - 03	SC - 03	2	576.1	686.905	\$3,800	\$9,061.76
18	Screw Conveyor - 04	SC - 04	2	576.1	686.905	\$3,800	\$9,061.76
19	Bucket Elevator	BE - 01	1	576.1	686.905	\$13,700	\$16,335.02
20	Pompa - 01	P - 01	2	576.1	686.905	\$3,200	\$7,630.96

21	Pompa - 02	P - 02	2	576.1	686.905	\$1,800	\$4,292.41
22	Pompa - 03	P - 03	2	576.1	686.905	\$3,200	\$7,630.96
23	Pompa - 04	P - 04	2	576.1	686.905	\$4,300	\$10,254.10
24	Pompa - 05	P - 05	2	576.1	686.905	\$3,200	\$7,630.96
25	Pompa - 06	P - 06	2	576.1	686.905	\$3,200	\$7,630.96
Total							\$2,249,820.86

Table 6. 3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2014	2026	2014	2026
1	Screening	FU-01	1	576,10	686,91	\$ 17.400	\$ 20.747
2	Bak Sedimentasi	BU-01	1	576,10	686,91	\$ 1.500	\$ 1.789
3	Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	1	576,10	686,91	\$ 2.000	\$ 2.385
4	Tangki Larutan Alum	TU-01	1	576,10	686,91	\$ 800	\$ 954
5	Bak Pengendap I	BU-03	1	576,10	686,91	\$ 1.150	\$ 1.371
6	Bak Pengendap II	BU-04	1	576,10	686,91	\$ 1.150	\$ 1.371
7	Sand Filter	SF-01	1	576,10	686,91	\$ 8.200	\$ 9.777
8	Bak Penampung Sementara	BU-05	1	576,10	686,91	\$ 2.000	\$ 2.385
9	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,10	686,91	\$ 20.900	\$ 24.920
10	Tangki penyimpan Kaporit	TU-03	1	576,10	686,91	\$ 400	\$ 477
11	Tangki Air Bersih	TU-04	1	576,10	686,91	\$ 165.000	\$ 196.736
12	Tangki Service Water	TU-05	1	576,10	686,91	\$ 5.600	\$ 6.677
13	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,10	686,91	\$ 102.200	\$ 121.857
14	Cooling Water	CT-01	1	576,10	686,91	\$ 143.000	\$ 170.504

15	Blower Cooling Tower	BL-01	1	576,10	686,91	\$	1.000	\$	1.192
16	Mixed Bed	MB-01	1	576,10	686,91	\$	1.300	\$	1.550
17	Tangki NaCl	TU-06	1	576,10	686,91	\$	900	\$	1.073
18	Tangki NaOH	TU-07	1	576,10	686,91	\$	1.300	\$	1.550
19	Tangki Air Demin	TU-08	1	576,10	686,91	\$	8.800	\$	10.493
20	Deaerator	DE-01	1	576,10	686,91	\$	16.200	\$	19.316
21	Tangki N2H4	TU-08	1	576,10	686,91	\$	11.000	\$	13.116
22	Boiler	BO-01	1	576,10	686,91	\$	52.300	\$	62.359
23	pompa 1	PU-01	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
24	pompa 2	PU-02	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
25	pompa 3	PU-03	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
26	pompa 4	PU-04	2	576,10	686,91	\$	1.200	\$	600
27	pompa 5	PU-05	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
28	pompa 6	PU-06	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
29	pompa 7	PU-07	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
30	pompa 8	PU-08	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
31	pompa 9	PU-09	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
32	pompa 10	PU-10	2	576,10	686,91	\$	1.300	\$	3.100
33	pompa 11	PU-11	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
34	pompa 12	PU-12	2	576,10	686,91	\$	9.100	\$	5.500
35	pompa 13	PU-13	2	576,10	686,91	\$	1.300	\$	3.100
36	pompa 14	PU-14	2	576,10	686,91	\$	7.900	\$	5.500
37	pompa 15	PU-15	2	576,10	686,91	\$	7.900	\$	5.500
38	pompa 16	PU-16	2	576,10	686,91	\$	1.000	\$	2.385
39	pompa 17	PU-17	2	576,10	686,91	\$	1.000	\$	2.385

40	pompa 18	PU-18	2	576,10	686,91	\$	1.300	\$	3.100
41	pompa 19	PU-19	2	576,10	686,91	\$	1.300	\$	3.100
42	pompa 20	PU-20	2	576,10	686,91	\$	2.700	\$	1.400
43	pompa 21	PU-21	2	576,10	686,91	\$	1.700	\$	600
44	pompa 22	PU-22	2	576,10	686,91	\$	1.700	\$	600
TOTAL									\$758.967



6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 10.000 Ton / Tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 Tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 14.973
- e. Tahun pabrik didirikan : 2026

6.3 Komponen Biaya

1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah biaya untuk pengadaan fasilitas fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari :

a *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas fasilitas pabrik.

Table 6. 4 Physical plant cost (PPC)

No	Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Purchased Equipment cost (PEC)	Rp 45.050.580.810,08	\$ 3.008.787,87
2	Delivered Equipment Cost (DEC)	Rp 11.262.645.202,52	\$ 752.196,97
3	Instalasi cost	Rp 7.963.051.964,92	\$ 531.827,42
4	Pemipaan	Rp 10.870.382.005,65	\$ 725.998,93
5	Instrumentasi	Rp 11.376.043.408,63	\$ 759.770,48
6	Isolasi	Rp 1.821.437.436,15	\$ 121.648,13
7	Listrik	Rp 4.505.058.081,01	\$ 300.878,79
8	Bangunan	Rp 34.701.000.000,00	\$ 2.317.571,63
9	Land & Yard Improvement	Rp 57.835.000.000,00	\$ 3.862.619,38
	Physical Plant Cost (PPC)	Rp 185.385.198.908,96	\$ 12.381.299,60

Table 6. 5 Direct plant cost (DPC)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	Rp 185.385.198.908,96	\$ 12.381.299,60
2	<i>Engineering and Construction</i>	Rp 37.077.039.781,79	\$ 2.476.259,92
	Total	Rp 222.462.238.547,63	\$ 14.857.559,75

Table 6. 6 Fixed capital investment (FCI)

No	Fixed Capital	Biaya, \$	Biaya, Rp
1	Direct Plant Cost	\$ 14.857.559,52	Rp 222.462.238.690,75
2	Cotractor's fee	\$ 594.302,38	Rp 8.898.489.547,63
3	Contingency	\$ 1.485.755,95	Rp 22.246.223.869,08
	Jumlah	\$ 16.937.617,85	Rp 253.606.952.107,46

b *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan

dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan sharing profit atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- Investasi yang cepat kembali
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai , aman , dan lain-lain

Table 6. 7 Working Capital Investment (WCI)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)		Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp	36.217.584.897,58	\$ 2.418.859,61
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp	64.369.818.024,74	\$ 4.299.059,51
3	<i>Product Inventory</i>	Rp	46.814.413.108,90	\$ 3.126.588,73
4	<i>Extended Credit</i>	Rp	57.169.636.363,64	\$ 3.818.181,82
5	<i>Available Cash</i>	Rp	46.814.413.108,90	\$ 3.126.588,73
	<i>Working Capital (WC)</i>	Rp	251.385.865.503,77	\$ 16.789.278,40

2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik,

meliputi *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. Manufacturing Cost antara lain :

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Table 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp 398.393.433.873,35	\$ 26.607.455,68
2	Labor	Rp 15.301.200.000,00	\$ 1.021.919,46
3	Supervision	Rp 1.530.120.000,00	\$ 102.191,95
4	Maintenance	Rp 5.072.139.042,15	\$ 338.752,36
5	Plant Supplies	Rp 760.820.856,32	\$ 50.812,85
6	Royalty and Patents	Rp 12.577.320.000,00	\$ 840.000,00
7	Utilities	Rp 5.435.406.652,16	\$ 363.013,87
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 439.070.440.423,98	\$ 29.324.146,16

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Table 6. 9 Indirect manufacturing cost (IMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.295.180.000,00	\$ 153.287,92
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.530.120.000,00	\$ 102.191,95
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.650.600.000,00	\$ 510.959,73
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 31.443.300.000,00	\$ 2.100.000,00
	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 42.919.200.000,00	\$ 2.866.439,59

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Table 6. 10 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 25.360.695.210,75	\$ 1.693.761,79
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 5.072.139.042,15	\$ 338.752,36
3	<i>Insurance</i>	Rp 2.536.069.521,07	\$ 169.376,18
	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 32.968.903.773,97	\$ 2.201.890,32

Table 6. 11 Total Manufacturing Cost

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 439.070.440.423,98	\$ 29.324.146,16
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 42.919.200.000,00	\$ 2.866.439,59
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 32.968.903.773,97	\$ 2.201.890,32
	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 514.958.544.197,95	\$ 34.392.476,07

3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Table 6. 12 General Expenses

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 12.577.320.000,00	\$ 840.000,00
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 18.865.980.000,00	\$ 1.260.000,00
3	<i>Research</i>	Rp 12.577.320.000,00	\$ 840.000,00
4	<i>Finance</i>	Rp 10.099.856.352,22	\$ 674.537,93
	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 54.120.476.352,22	\$ 3.614.537,93

Table 6. 13 Total Production Cost

Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 514.958.544.197,95	\$ 34.392.476,07
<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 54.120.476.352,22	\$ 3.614.537,93
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	Rp 569.079.020.550,17	\$ 38.007.014,00

6.4 Analisa Keuntungan

1 Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 628.866.000.000,00

Total biaya produksi : Rp 569.079.020.550,17

Keuntungan : Total Penjualan – Total Biaya Produksi

: Rp 59.786.979.450

2 Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 20 % x Rp 59.786.979.450

: Rp 11.957.395.889,97
Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak
: Rp 47.829.583.559,86

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukakan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain

1 Return on Investment (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah rasio profit yang didapatkan dari investasi atau keuntungan yang didapatkan dari investasi yang sudah dikerluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.2)$$

a. ROI Sebelum Pajak (ROI b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries dan Newton, 1955).

$$ROI b = 23,57\%$$

b. ROI Setelah Pajak (ROI a)

ROI a = 18,86%

2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan dicapai.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan+Depresant}} \quad (6.3)$$

a. POT Sebelum Pajak (POTb)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

POT b = 2,98 tahun

b. POT Setelah Pajak (POTa)

POT a = 3,47 tahun

3 *Break Even Point (BEP)*

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 20-60%.

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fa} + 0,3 \text{ Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra}} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum *Annual*

Table 6. 14 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)

Depresiasi	Rp	25.360.695.210,75	\$	1.693.761,79
Property Taxes	Rp	5.072.139.042,15	\$	338.752,36
Asuransi	Rp	2.536.069.521,07	\$	169.376,18
Total	Rp	32.968.903.773,97	\$	2.201.890,32

Table 6. 15 Annual Regulated Expenses (Ra)

Gaji Karyawan	Rp	15.301.200.000,00	\$	1.021.919,46
Payroll Overhead	Rp	2.295.180.000,00	\$	153.287,92
Supervision	Rp	1.530.120.000,00	\$	102.191,95
Plant Overhead	Rp	7.650.600.000,00	\$	510.959,73
Laboratorium	Rp	1.530.120.000,00	\$	102.191,95
General Expense	Rp	54.120.476.352,22	\$	3.614.537,93
Maintenance	Rp	5.072.139.042,15	\$	338.752,36
Plant Supplies	Rp	760.820.856,32	\$	50.812,85
Total	Rp	88.260.656.250,70	\$	5.894.654,13

Table 6. 16 Annual Variabel Value (Va)

Raw Material	Rp	398.393.433.873,35	\$	26.607.455,68
Packaging	Rp	25.154.640.000,00	\$	1.680.000,00
Shipping	Rp	6.288.660.000,00	\$	420.000,00
Utilities	Rp	5.435.406.652,16	\$	363.013,87
Royalty & Patent	Rp	12.577.320.000,00	\$	840.000,00
Total	Rp	447.849.460.525,51	\$	29.910.469,55

Table 6. 17 Annual Sales Value (Sa)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Annual Sales Value	Rp 628.866.000.000,00	\$ 42.000.000,00
	Total	Rp 628.866.000.000,00	\$ 42.000.000,00

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$BEP = 49,86 \%$$

1. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%. \quad (6.5)$$

Didapatkan SDP = 22,21%

2. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

$$\frac{(WC+FCI)x(1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i)^1) \frac{WC+SV}{CV}. \quad (6.6)$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

FCI = Rp 253.606.952.107,46

WCI = Rp 251.385.865.503,77

SV = Rp 25.360.695.210,75

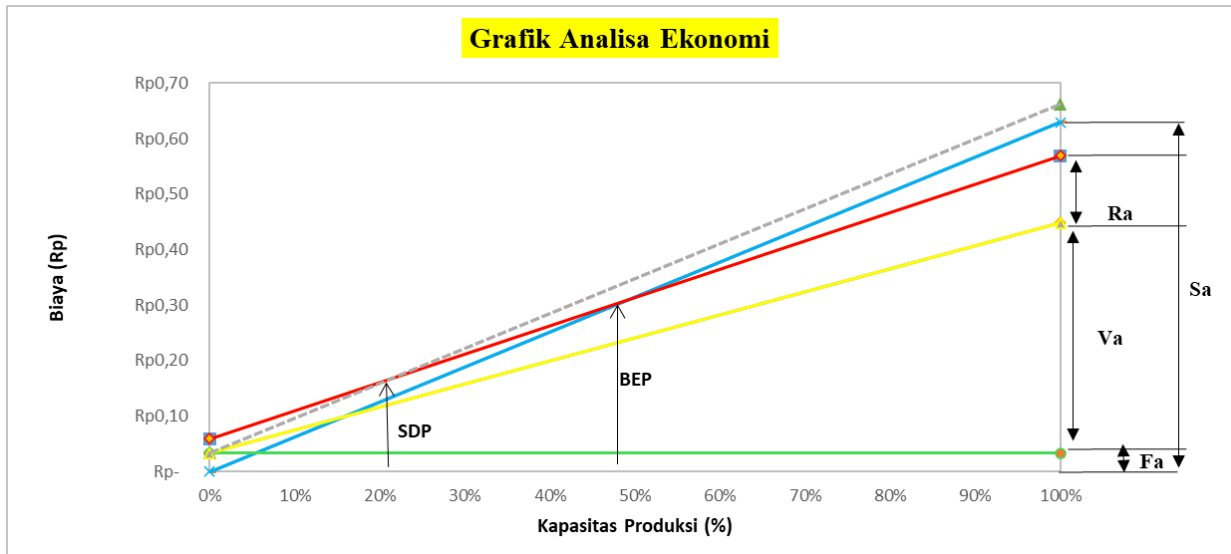
n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah :

DCFR = 16,05%

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



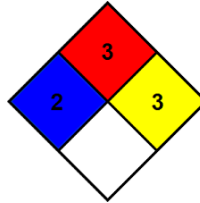
Gambar 6. 1 Analisa Ekonomi

6.6 Analisa Resiko Pabrik

a. Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*)

1. Produk

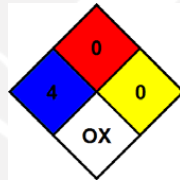
Nitroselulosa memiliki sifat yang mudah terbakar dan meledak. Memiliki flash point sebesar $4,4^{\circ}\text{C}$ dan *National Fire Protection Association* (NFPA 704)



Gambar 6. 2 NPFA (704) Nitroselulosa

2. Bahan Baku

- Asam nitrat : tidak mudah terbakar (*non-flammable*) korosif, tidak berasa dan tidak berbau. *National Fired Protection Assosiation* (NFPA 704)



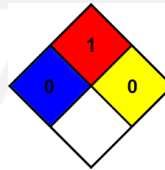
Gambar 6. 3 NPFA (704) Asam nitrat

- Asam sulfat : korosif, beracun, tidak berwarna, dan tidak berbau. Asam sulfat termasuk senyawa yang tidak mudah terbakar (*non-flammable*).
National Fired Protection Assosiation (NFPA 704)



Gambar 6. 4 NPFA (704) Asam Sulfat

- Selulosa : mudah terbakar, tidak berbau, dan tidak berwarna. Selulosa tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian dapat larut dalam pelarut alkali.



Gambar 6. 5 NPFA (704) Selulosa

b. Ditinjau dari evaluasi ekonomi

- *Return of Investment* (ROI)

Menurut Aris and Newton, P.193, pabrik dikatakan *low risk* jika minimal ROI-nya sebesar 11% dan untuk *high risk* minimal sebesar 44%. Pabrik nitroselulosa yang akan didirikan memiliki ROI sebelum pajak sebesar 28,57% dan ROI sesudah pajak sebesar 18,86%. Berdasarkan hasil dari ROI dapat disimpulkan resiko pabrik nitroselulosa adalah *low risk*.

- Pay Out Time (POT)

Menurut Aris and Newton, P.196, Pabrik kimia dapat dikatakan *low risk* jika POT-nya minimal 5 tahun sedangkan untuk *high risk* minimal 2 tahun. Pabrik nitroselulosa yang akan didirikan memiliki POT sebelum pajak sebesar 2,98 tahun dan sesudah pajak sebesar 3,47 tahun. Berdasarkan hasil dari POT, dapat disimpulkan resiko pabrik nitroselulosa adalah *high risk*.

Berdasarkan hasil analisa resiko pabrik ini dapat dinyatakan bahwa pabrik nitroselulosa memiliki tingkat resiko yang tinggi (high risk) karena produk yang mudah terbakar dan meledak.



BAB VII

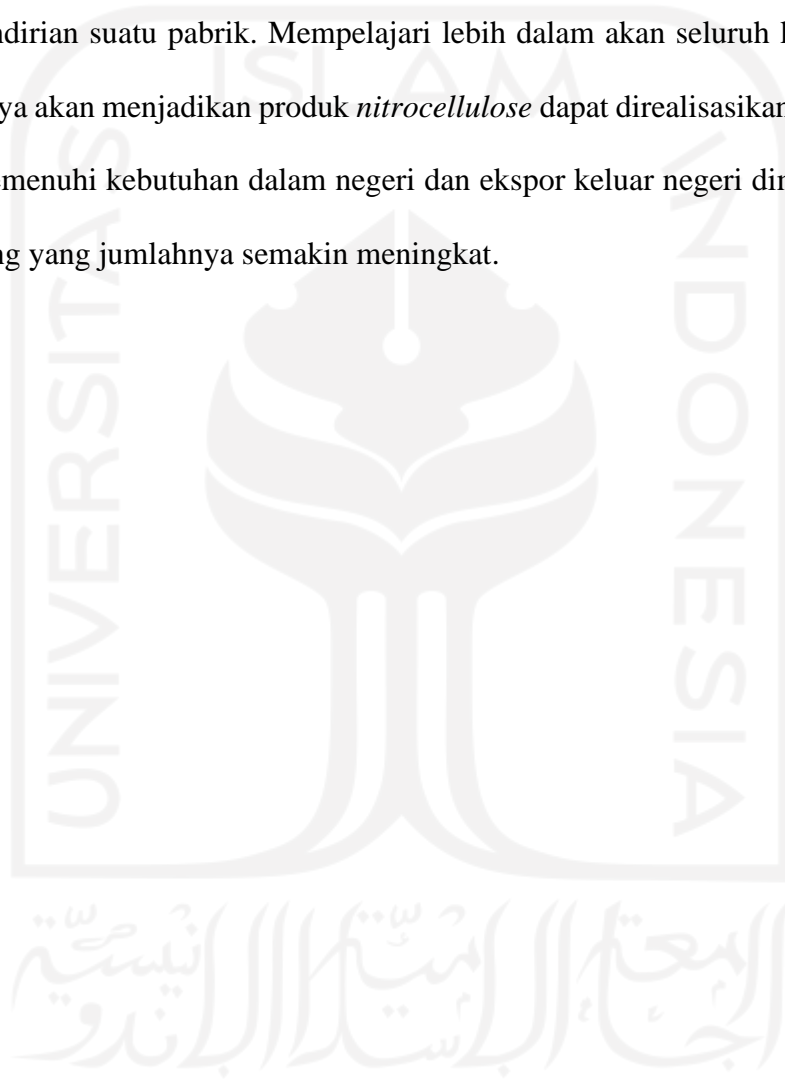
PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Pra rancangan pabrik *nitrocellulose* dari asam nitrat dan *cellulose* dengan kapasitas 10.000 ton/tahun akan didirikan di Kecamatan Ciampel, Karawang, Jawa Barat. dengan luas tanah 23,134 m² dan jumlah karyawan 110 orang.
2. Ditinjau dari segi ekonomi dengan melakukan evaluasi ekonomi, maka pabrik ini dapat dikatakan menarik untuk dikaji lebih lanjut dengan melihat beberapa indikator seperti dibawah ini :
 - *Return On Investment (ROI)*
 - a. ROI sebelum pajak = 23,57 %
 - b. ROI sesudah pajak = 18,86%
 - *Pay Out Time*
 - a. POT sebelum pajak = 2,98 tahun
 - b. POT sesudah pajak = 3,47 tahun
 - *Break Event Point* = 49,86 %
 - *Shut Down Point* = 22,21%
 - *Dsicounted Cash Flow Rate* = 16,05 %

7.2 Saran

Dalam perncangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk *nitrocellulose* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.



DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2022. Price of Nitrocellulose. <http://www.alibaba.com/>. Diakses Pada Tanggal 5 September 2022 Pukul 16.22 WIB
- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Brown, G. G., 1978, "Unit Operation", Modern Asia Edition, Charles E Tuttle Co., Tokyo.
- Brownell, L. E., and Young, E. H., 1959, "Process Equipment Design", pp. 43;58;84-87;88-89;90;93;135;141;156;167;251;254;338-342;346;367, 1st ed., John Wiley & Sons, Inc, New York: USA.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F., 1983, "Chemical Equipment Design", John Wiley & Sons, New York.
- Erlangga B.P., dkk., 2012, "Pembuatan Nitroselulosa dari Kapas (*Gossypium Sp.*) dan Kapuk (*Ceiba Pentadra*) Melalui Reaksi Nitrasi". Vol.1 No. 1 ISSN: 2301-9271. Jurnal Teknik ITS
- Fredikus, dkk., 2019, "Karakterisasi Nitroselulosa dari Pulp Larut Bambu Beema dan Bambu Industri". Vol. 9 No. 1. Jurnal Selulosa.
- Hengshui HeShuo Cellulose (Group). 2020. Sale Products Nitrocellulose Chips. <https://www.heshuocellulose.com/> . Diakses pada 5 April 2022 Pukul 08.00 WIB.

Kementrian Perindustrian. 2021. Pabrik Selulosa. www.kemenperin.go.id. Diakses

Pada 8 Januari 2022. 09.15 WIB

Kern, D. Q., 1950, "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGRAW-HILL Kogusha Ltd., Tokyo.

Kirk, R. E., and Othmers, D. F., 1949, "Encyclopedia of Chemical Technology", The Interscience Encyclopedia, New York.

Kwon Jihyun, Jung Hyunsook, dkk. 2020 "*Micro/Nanostructured Coating for Cotton Textiles That Repel Oil, Water, and Chemical Warfare Agents. 4th R&D Institute-6th Directorate, Agency for Defense Development*", Yuseong-Gu, Daejeon 34186, Korea.

Perry, R. H., and Chilton, C.H., 1997, "Chemical Engineer Hand Book", 8th edition, McGRAW-HILL, Tokyo.

Ronggur Jabosar, Padil, Sunarno. 2016. Kinetika Reaksi Proses Nitiasi Limbah Pelepah Sawit. Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau 28293.

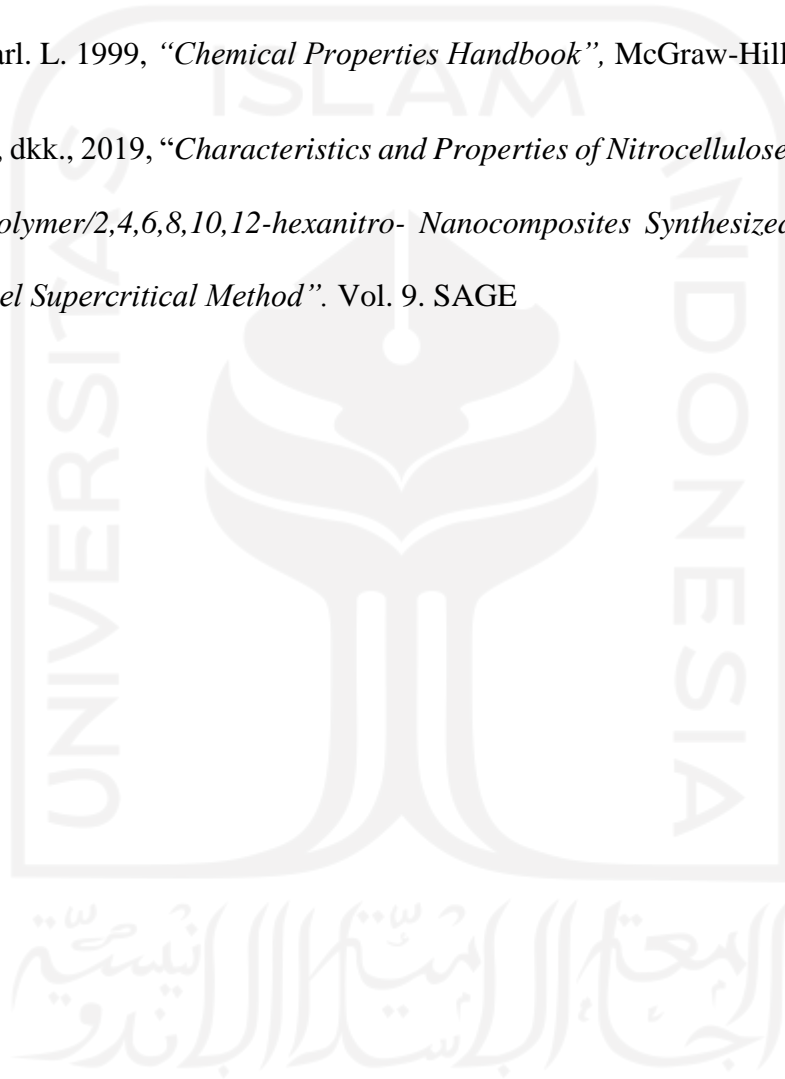
Software Aspenplus V8.8

Waldemar A. TRZCINSKI., dkk, 2015, "*Estimation of The Effectiveness of Reactive Armours with Nitrocellulose and Cellulose Composites in Jet Dispersion*". *Central European Journal of Energic Material*. Polandia.

Warren L. Plunked, dkk. 1960 *Manufacture of Nitrocellulose*. Assignor to Hercules Powder Company, Wilmington, Del., a Corporation of Dalware. Filed Apr, 15, 1957, Seri No. 652,828. United State Patent 2950278.

Yaws, Carl. L. 1999, "*Chemical Properties Handbook*", McGraw-Hill, New York

Yi Wang, dkk., 2019, "*Characteristics and Properties of Nitrocellulose/Glycidyl Azide Polymer/2,4,6,8,10,12-hexanitro- Nanocomposites Synthesized Using A Sol-Gel Supercritical Method*". Vol. 9. SAGE





LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR – 01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara *cellulose powder* dan asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat)

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk / RATB (*Continuous Stirred Tank Reactor*)

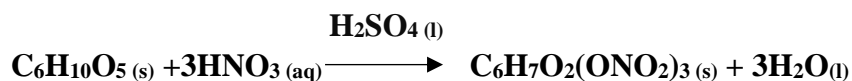
Kondisi Operasi: Suhu = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Alasan memilih reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) :

1. Reaktor alir tangki berpengaduk dapat digunakan untuk reaksi dengan fase cair – padat.
2. Padatan (selulosa) memiliki ukuran yang kecil yaitu 30 mesh
3. Viskositas campuran di dalam reaktor rendah kurang dari 100 cP
4. Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) memiliki harga yang paling ekonomis dibandingkan dengan tipe reaktor lain.

Reaksi Nitration



Model matematis reactor

Asumsi :

1. Isotermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. *Steady state*

Pada keadaan *steady state* dapat dituliskan :

Laju A masuk – Laju A keluar – Laju reaksi A = Laju akumulasi

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} + (-r_A) V = 0$$

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} = (-r_A) V$$

$$F_V (C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}}) = (-r_A) V$$

$$V = \frac{F_V (C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}})}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V (C_{A0} - C_{A0}(1-Xa))}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V (C_{A0} \cdot Xa)}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V (C_{A0} \cdot Xa)}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = \frac{F_V (C_{A0} \cdot Xa)}{k \cdot (C_{A0}(1-Xa)) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot Xa)}$$

$$V = \frac{F_V \cdot X_a}{k \cdot (C_{A0}(1-X_a))(M - X_a)}$$

$$k = 4,962 \text{ L/mol.s}$$

sehingga diperoleh V sebesar 3,45 m³

Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$X_1 = 0.97$$

$$k = 4,962 \text{ L/mol.s}$$

$$F_V = 2.432 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{A0} = 2.259 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = 6.779 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = 3 \text{ kmol/m}^3$$

Persamaan Umum :

$$X_{n-1} = X_{An} - \frac{V \cdot k \cdot C_{A0}(1 - X_{AN})(M - X_{AN})}{F_V}$$

$$V_1 = 3.45 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0.00$$

$$X_1 = 0.97$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_2 = 0.54 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0.54 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0.00$$

$$X_1 = 0.82$$

$$X_2 = 0.97$$

3. Jumlah 3 Reaktor

$$V_3 = 0.28 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.28 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0.28 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0.00$$

$$X_1 = 0.68$$

$$X_2 = 0.89$$

$$X_3 = 0.97$$

4. Jumlah 4 Reaktor

$$V_4 = 0.20 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0.20 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.20 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0.20 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0.00$$

$$X_1 = 0.57$$

$$X_2 = 0.80$$

$$X_3 = 0.91$$

$$X_4 = 0.97$$

5. Jumlah 5 Reaktor

$$V_5 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0.00$$

$$X_1 = 0.49$$

$$X_2 = 0.72$$

$$X_3 = 0.85$$

$$X_4 = 0.92$$

$$X_5 = 0.97$$

n	X0	X1	X2	X3	X4	X5
1	0.00	0.97				
2	0.00	0.82	0.97			
3	0.00	0.68	0.89	0.97		
4	0.00	0.57	0.80	0.91	0.97	
5	0.00	0.49	0.72	0.85	0.92	0.97

Menghitung Jumlah Reaktor Yang Optimal

Perhitungan harga total reaktor menurut Aris dan Newton (1995) dapat dinyatakan

bahwa :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dimana :

C_a = Kapasitas alat a

C_b = Kapasitas alat b

Ea = Harga pembelian alat a

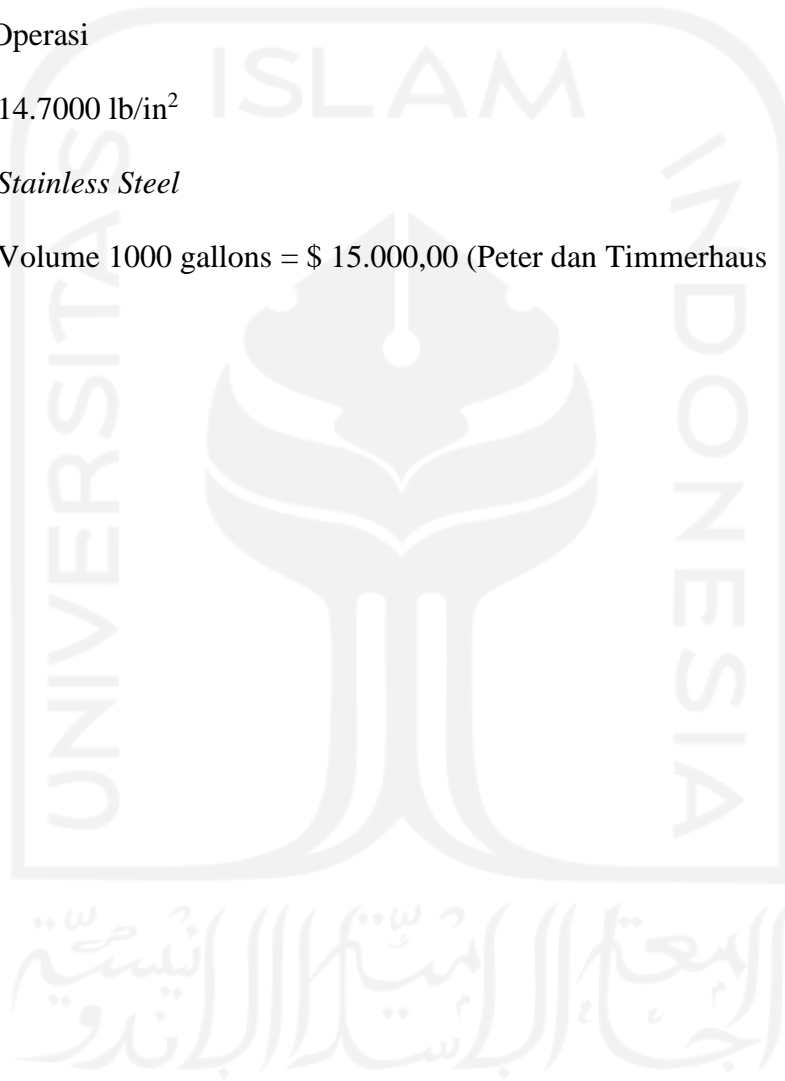
Eb = Harga pembelian alat b

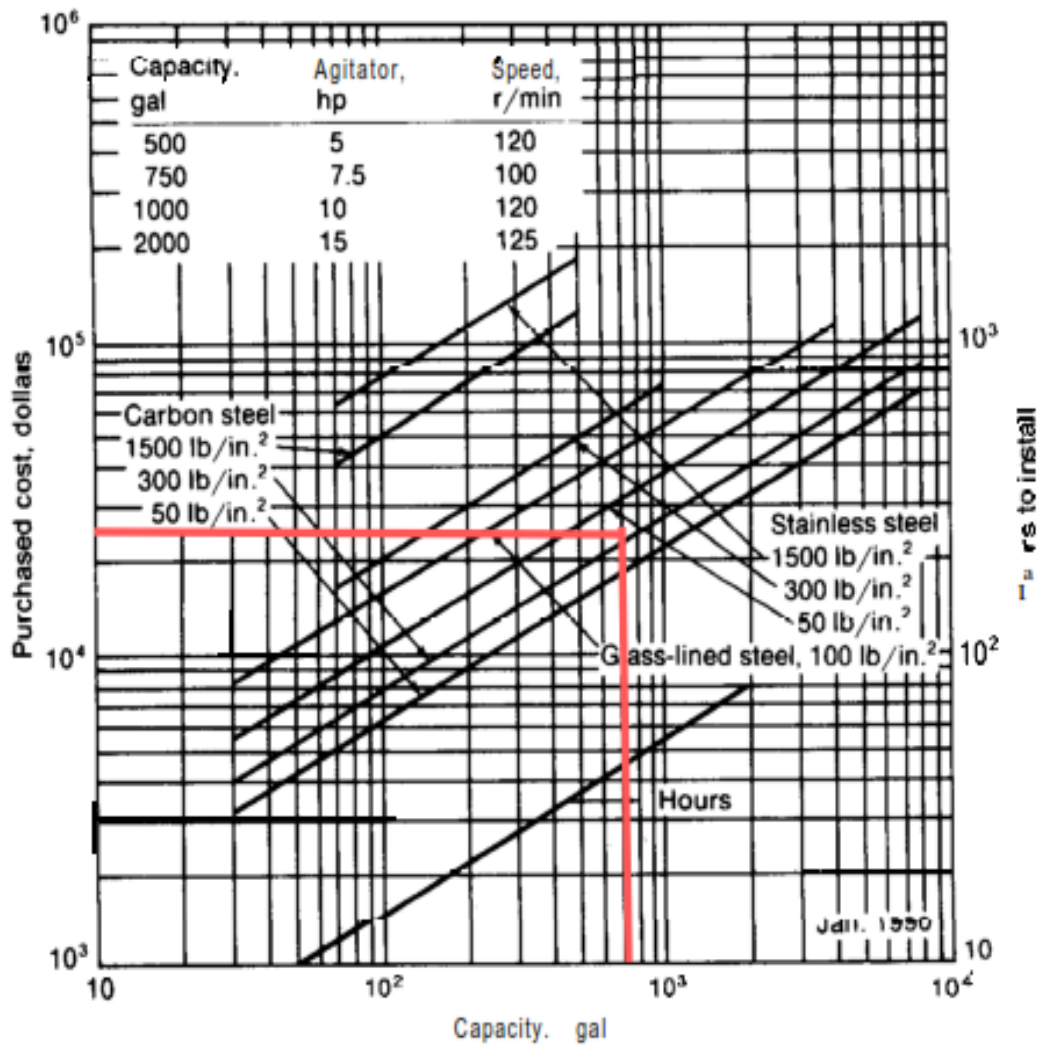
Kondisi Operasi

1 atm = 14.7000 lb/in²

Bahan = *Stainless Steel*

Basis = Volume 1000 gallons = \$ 15.000,00 (Peter dan Timmerhaus





Perhitungan Harga Reaktor

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dimana :

$$E_a = \$15.000$$

Ca = 1000 gallons

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	912.5294	86400	86400
2	141.3857	32100	64200
3	73.7543	22700	68100
4	53.0678	19000	76000
5	43.5839	17200	86000

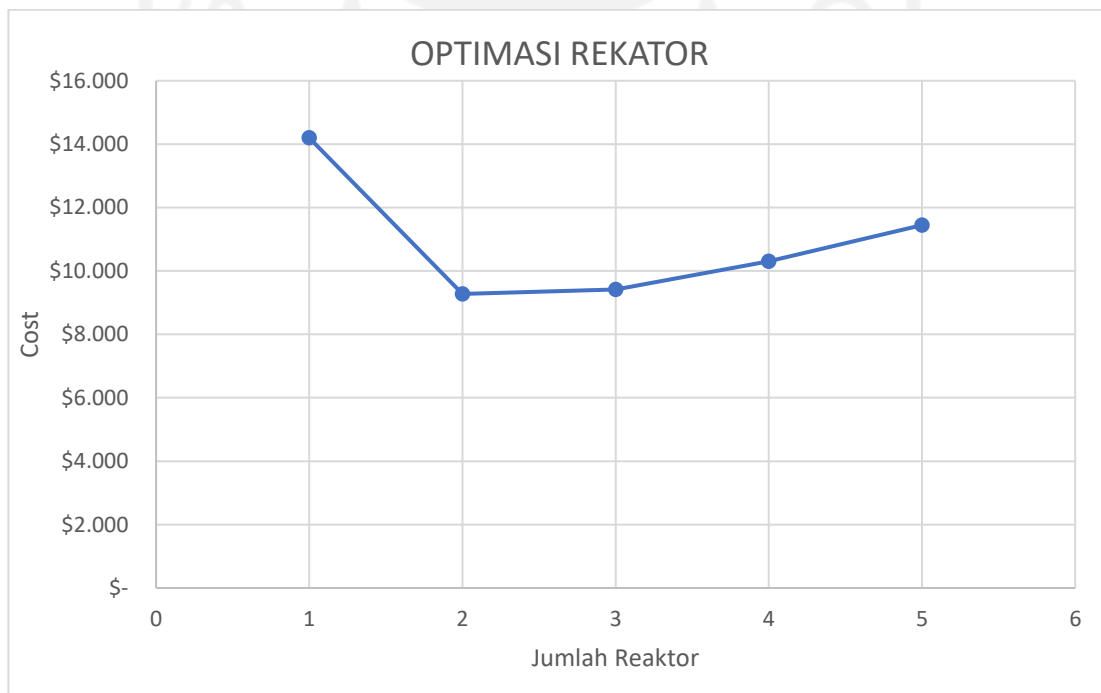


Figure 1 Grafik Optimasi Reaktor

Berdasarkan optimasi yang dilakukan, maka dipilih jumlah 1 buah reaktor dengan pertimbangan untuk 1 reaktor dengan volume sebesar 3,45 m³ sudah ideal. Jika,

dipilih jumlah 2 reaktor akan dihasilkan dimensi reaktor yang terlalu kecil karena volume untuk 2 reaktor sebesar 0.54 m^3 .

Menghitung Dimensi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum ialah 1 : 1,5 ($H = 1,5D$).

Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah *torispherical head*.

Menghitung Kapasitas Reaktor

Densitas

Komponen	BM	kg/jam	kmol/jam	ρ (kg/m ³)	Fraksi Massa	ρ campuran (kg/m ³)
C ₆ H ₁₀ O ₅	162	890.304	5.496	1090.000	0.270	294.480
HNO ₃	63	1038.689	16.487	1500.601	0.315	472.978
H ₂ SO ₄	98	1038.689	10.599	1826.971	0.315	575.848
H ₂ O	18	327.728	18.207	117.768	0.099	11.712
(C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃) _n	297	0.000	0.000	1230.000	0.000	0.000
Total	638	3295.409	50.789	5765.340	1.000	1355.018

$$\text{Densitas campuran} = 1355,018 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1,4 \text{ jam}$$

$$F_v = 2,43 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 3,45 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Over design} = 1,2 \times 3,45 \text{ m}^3 = 4,14 \text{ m}^3$$

$$V \text{ silinder} = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

$$4,14 \text{ m}^3 = \frac{3,14}{4} D^2 1,5 D$$

$$D = 1,52 \text{ m} = 59,89 \text{ in}$$

$$H = 2,28 \text{ m} = 89,83 \text{ in}$$

$$h \text{ cairan} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h \text{ cairan} = 1,87 \text{ m}$$

Menghitung Tekanan Desain:

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho \cdot h \text{ liquid} \cdot \left(\frac{g}{g_c}\right)}{144}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{84,591 \cdot 1,87 \cdot 1}{144}$$

$$P \text{ hidrostatik} = 1,101 \text{ psia}$$

$$P \text{ absolut} = 14,7 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = 15,801 \text{ psia}$$

Menentukan Tebal Shell:

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

t_s = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = Allowable stress (18.750psi)

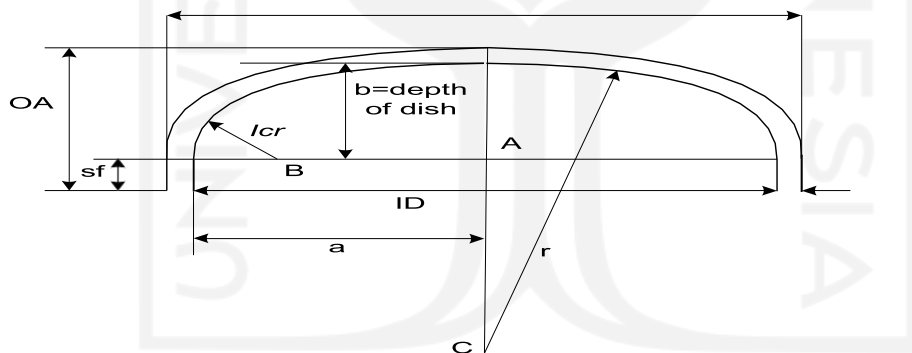
r_i = Jari-jari dalam *storage* (in)

E = Efisiensi pengelasan (80% (*double welded butt joint*))

C = Faktor korosi (0.125 in)

Diperoleh tebal *shell* hitungan adalah 0,1556 in, tebal *shell* standar = 0,1875 in.

Menghitung Dimensi *Head*:



Keterangan :

t = tebal *head*, in

icr = *inside corner radius*, in

r = *radius of dish*, in

OD = *outside diameter*, in

ID = *inside diameter*, in

B = *depth of dish*, in

OA = *overall dimension*, in

Sf = *straight flange*

Menghitung Tebal Head

ts = 0,1875 in

icr = 3,625 in

r = 60 in

OD = 60 in

ID = 59,625 in

a = 29,81 in

AB = 26,1875 in

BC = 56,375 in

AC = 49,923 in

b = 10,07 in

Diperoleh dari persamaan persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959

$$th = \frac{P r w}{(2fE - 0,2P)} + C$$

Diperoleh nilai tebal *head* atas standard adalah 0,1875 in dan tebal *head* bawah standard adalah 0,1875 in.

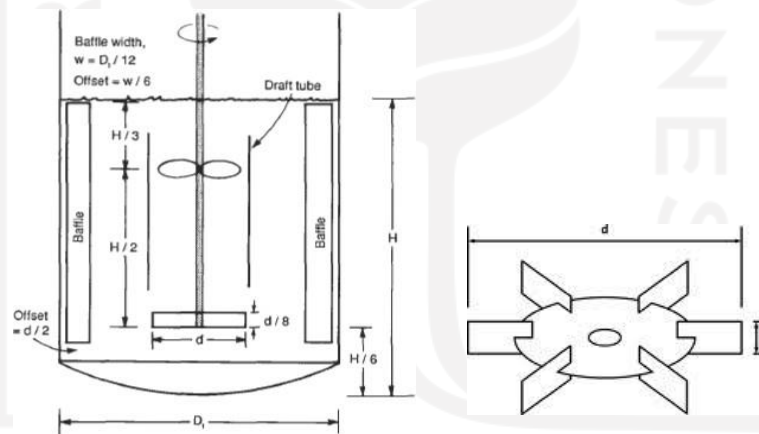
Dari tabel 5.8 Brownell dengan tebal *head* 0,1875 in didapatkan $sf = 1,5 - 2,25$ in, digunakan nilai sf 2 in.

Sehingga tinggi *head* yang diperoleh adalah

$$H_{head} = sf + b + th = 12,264 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Total Reaktor} = 2.H_{shell} + H_{head} = 2,90 \text{ m}$$

Menghitung Ukuran Pengaduk:



Jenis pengaduk adalah *turbine impeller with 6 flat blades*, impeller jenis ini sesuai untuk pengadukan dengan viskositas dibawah 100 cp.

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_i/D_i = 2,7 - 3,9$$

$$Z_i/D_i = 0,75 - 1,3$$

$$wb/Di = 0,1$$

$$L/Di = 2$$

Baffle = 4 terpisah 90°

$$Di = \text{diameter pengaduk} = 19,96 \text{ in}$$

$$ZL = \text{tinggi cairan dalam reaktor} = 59,89 \text{ in}$$

$$wb = \text{lebar baffle} = 3,39 \text{ in}$$

$$Zi = \text{jarak pengaduk dari dasar tangki} = 19,96 \text{ in}$$

$$L = \text{lebar pengaduk} = 39,92 \text{ in}$$

Jumlah Impeller = 2

$$WELH = 2,541 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Putaran (N)} = 100,385 \text{ rpm} = 1,673 \text{ rps}$$

$$\text{Diambil standar} = 100 \text{ rpm} = 1,667 \text{ rps}$$

Menghitung Power Pengaduk:

$$\text{Re} = \frac{\rho N Di^2}{\mu}$$

$$\text{Re} = 46578.060$$

Dengan menggunakan fig 477 G.G Brown page 507, 1978 diperoleh $N_p = 1,5$

$$Pa = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Di^5$$

$$N_p = \text{Power Number} = 1,5$$

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Densitas campuran} &= 1355,02 \text{ kg/m}^3 \\ D_i &= \text{Diameter Pengaduk} &= 0,507 \text{ m} \\ N_i &= \text{Kecepatan putar pengaduk} &= 1,67 \text{ rps} \\ P_a &= 319,1277 \text{ watt} &= 0,319 \text{ kW} \\ & &= 0,75 \text{ hP} \end{aligned}$$

Daya motor, efisiensi motor adalah 80% (figur 14.38 Peters hal 521) sehingga

$$P = 0,4279 \text{ hP}$$

Dipilih power standar $P = 0,75 \text{ hP}$

Neraca Panas Reaktor:

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
H1	284208,2355	-
H2	-	360936,7292
ΔH_R	329328,3412	-
Q Pendinginan	-	252599,8475
Total	613536,5767	613536,5767

Media pendingin yang digunakan adalah Cooling Water dengan suhu masuk 30

°C dan suhu keluar 35 °C.

$$\Delta H = C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta H = \Delta H (35^\circ\text{C}) - \Delta H (30^\circ\text{C})$$

$$\Delta H = (4.1775 \times (308 - 298)) - (4.1787 \times (303 - 298))$$

$$\Delta H = 20,8995 \text{ KJ/Kg}$$

Maka kebutuhan pendingin :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 10519,6363 \text{ kg/jam}$$

Suhu LMTD

Komponen`	C	K	F
Suhu fluida panas masuk reaktor	40	313,15	104
Suhu fluida panas keluar reaktor	40	313,15	104
Suhu fluida dingin masuk	30	303,15	86
Suhu fluida dingin keluar	35	308,15	95

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 12,9842 \text{ }^\circ\text{F}$$

Luas Perpindahan Panas:

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk heavy organics (hot) dan water (cold) sebesar 5 - 75 Btu/ft².F

jam

$$UD = 75 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$A = 323,4096 \text{ m}^2$$

Menghitung luas selubung reaktor:

$$A = \pi \cdot D \cdot H = 12,73244 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas > luas selubung reaktor maka dipilih koil pendingin.

Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 15,5383 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Untuk aliran dalam koil/tube, Batasan kecepatannya adalah 1,5 – 2,5 m/s (Culson pg. 527).

$$\text{Kecepatan fluida pendingin} = 2 \text{ m/s} = 7200 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit fluida pendingin} = 15,5383 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Luas penampang } A = 0,0021 \text{ m}^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$ID = 0,052 \text{ m} = 2,064 \text{ in}$$

Dipilih diameter standar (Kern tabel 11 pg 844)

$$\text{NPS} = 2,5 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} = 40$$

$$\text{OD} = 2,88 \text{ in} = 0,24 \text{ ft} = 0,073 \text{ m}$$

$$\text{ID} = 2,323 \text{ in} = 0,1935 \text{ ft} = 0,059 \text{ m}$$

$$\text{Luas Penampang (A')} = 4,23 \text{ in}^2 = 0,0293 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Perpan/panjang (a'')} &= 0,753 \text{ ft}^2/\text{ft outside} \\ &= 0,609 \text{ ft}^2/\text{ft inside} \end{aligned}$$

Menentukan koefisien transfer panas dalam koil (h_i)

$$\rho \text{ fluida pendingin} = 1023,01 \text{ kg/m}^3 = 63,8360 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ fluida pendingin} = 0,8177 \text{ cp} = 1,9780 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ fluida pendingin} = 0,3302 \text{ Btu/ft.jam.oF}$$

$$C_p \text{ fluida pendingin} = 5488,9455 \text{ btu/lb.F}$$

$$j_H = 250 \text{ (Grafik 24 Kern pg 834)}$$

$$h_i = j_H \left(\frac{k}{ID} \right) \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$h_i = 22020,74 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{F}$$

Menentukan hio

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 17761,8665 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{F}$$

Untuk koil, hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi

$$h_{io_{koil}} = h_{io_{pipa}} \left(1 + 3.5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral\ koil}} \right)$$

$$h_{io_{koil}} = 20991,2246 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{F}$$

Menentukan ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien perpindahan panas dari reaktor ke koil dihitung dengan :

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

$$Lp = Di = 1,6636 \text{ ft}$$

$$N = 1,673 \text{ rps} = 6023,1437 \text{ rpj}$$

$$\rho = 1355,02 \text{ kg/m}^3 = 84,553 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 12,514 \text{ cP} = 30,285 \text{ lb/ft.jam}$$

$$c_p = 22985,534 \text{ kJ/kg} = 5488,945 \text{ Btu/lb.F}$$

$$k = 0,33021627 \text{ Btu/ft.jam.}^\circ\text{F}$$

$$\text{OD} = 60 \text{ in} = 5 \text{ ft}$$

$$D = 2,323 \text{ in} = 0,1935 \text{ ft}$$

$$\mu/\mu_w = 30,285$$

Sehingga didapatkan $h_o = 597679,21 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$

Menentukan U_c

Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih :

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io \text{ koil}}}{h_o + h_{io \text{ koil}}}$$

$$U_c = \frac{597679,21 \times 2079,40129}{597679,21 + 2079,40129} \text{ Btu/jam ft}^2\text{F}$$

Menentukan U_d

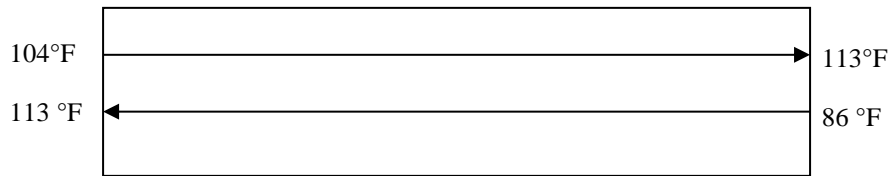
Untuk kecepatan fluida 2 m/s maka $R_d = 0,001$ (Kern pg 845)

$$U_d = \frac{h_D \cdot U_c}{h_D + U_c}$$

$$h_D = 1/R_d$$

$$U_d = 953,0053 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F}$$

Menentukan Luas Bidang Transfer Panas



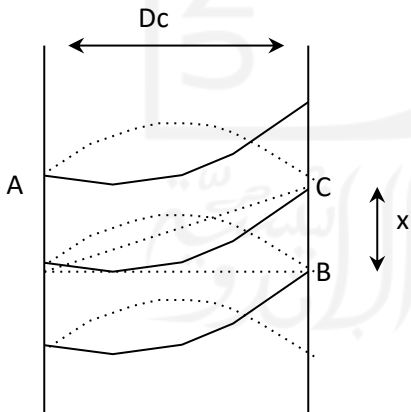
$$A = Q_{\text{total}} / (U_d \times \Delta T_{LMTD}) = 26,8479 \text{ ft}^2$$

Menentukan Panjang koil

$$L_{\text{pipa Koil}} = A/a'' = 35,654 \text{ ft} = 10,876 \text{ m}$$

Menentukan Jumlah Lilitan

Keliling lilitan = 0.5 putaran miring + 0.5 putaran datar



$$K \text{ lilitan} = 1 \ 2\pi D_c + 1 \ 2\pi A C$$

$$K \text{ lilitan} = 1/2\pi Dc + 1/2\pi(Dc^2 + x^2)x$$

$$K \text{ lilitan} = 10,973 \text{ ft}$$

$$N \text{ lilitan} = L \text{ pipa koil} / K \text{ lilitan}$$

$$N \text{ lilitan} = 3 \text{ lilitan}$$



Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

Tinggi tumpukan koil = $(N \text{ lilitan} - 1) \cdot x + N \text{ lilitan} \cdot OD$

Tinggi tumpukan koil = 0,96 ft = 0,2926 m

Tinggi cairan dalam *shell* akan naik karena adanya volume dari koil

Asumsi : Semua koil tercelup dalam cairan

Tinggi cairan setelah ditambah koil (Z_c) = $\frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$

$V_{\text{cairan dalam shell}} = 3,2208 \text{ m}^3$

$V_{\text{koil}} = 0,1826 \text{ m}^3$

$A_{\text{shell}} = 1,8165 \text{ m}^2$

$Z_c = 1,8735 \text{ m}$

Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil = $(\text{tinggi cairan setelah ada koil})/2$

$h_k = 0,9438 \text{ m}$

$b+sf = 0,3067 \text{ m}$

Asumsi dikatakan benar jika :

1. Tinggi tumpukan koil < tinggi cairan

2. Jarak dasar tangka ke bagian bawah koil $(hk) > (b+sf)$

Menentukan Pressure Drop

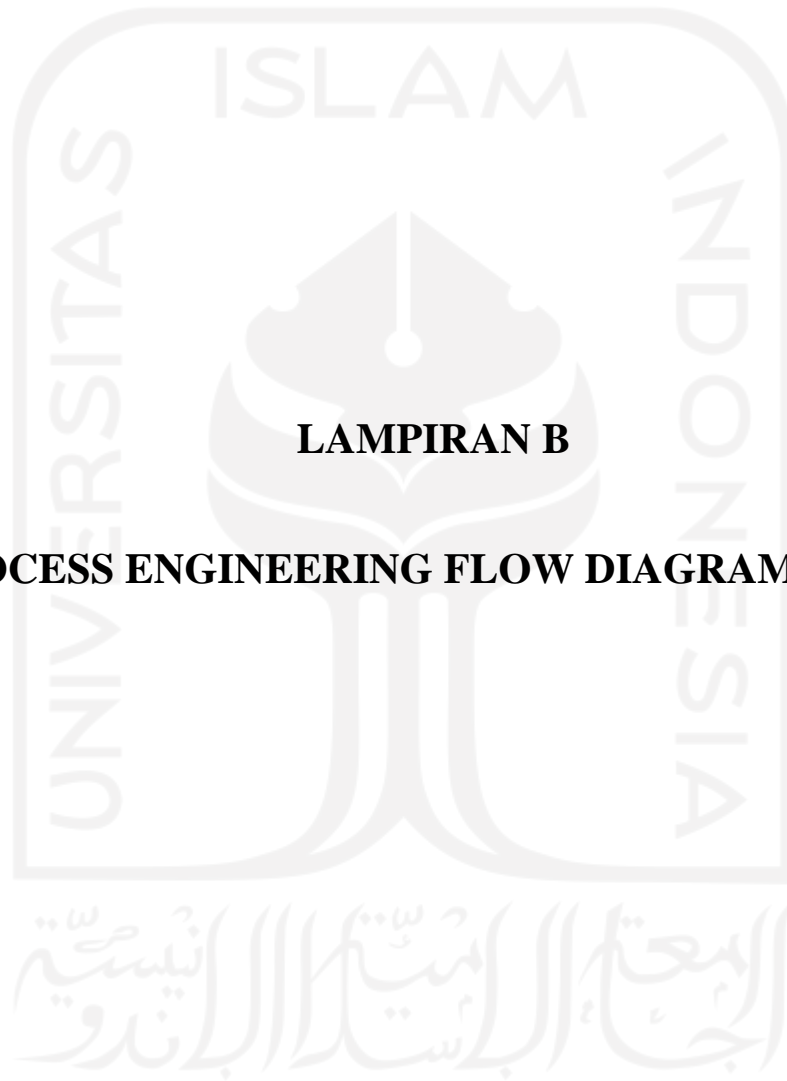
$$\text{faktor friksi, } f = 0,0035 + \frac{0,264}{Re^{0,42}}$$

$$Re = 116.755,921 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$F = 0,00546 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times s \times \theta t}$$

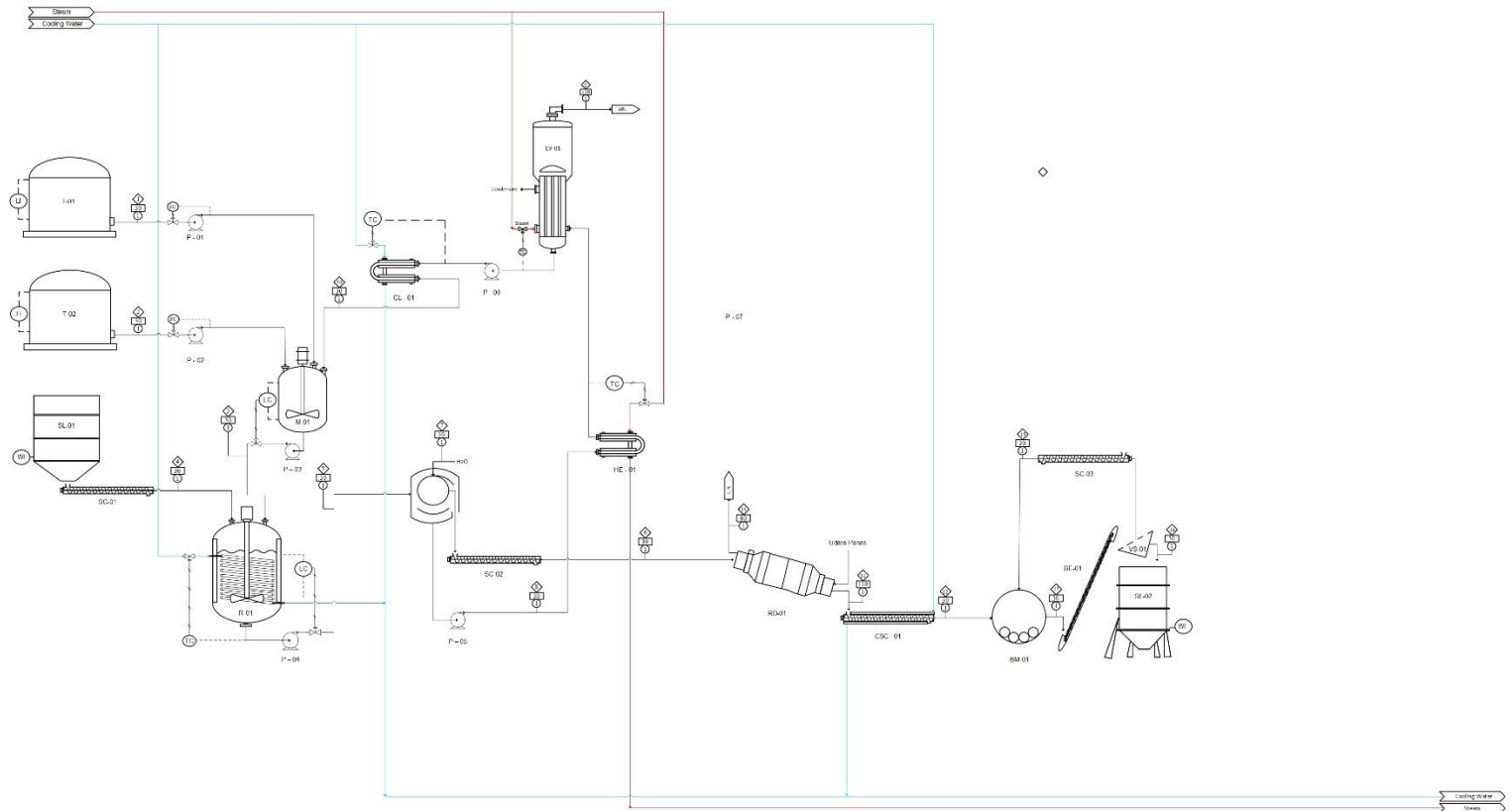
$$\Delta P_T = 0,00673 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$$



LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK CELLULOSE NITRATE DARI CELLULOSE POWDER DAN ASAM NITRAT
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)														
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15
HNO3	1032,07		1038,69		31,16	4,67		26,49	19,86	6,62	4,44	0,23	0,23	0,23	0,01
H2SO4		155,80	1038,69		1038,69	155,80		882,89		882,89		155,80	163,59	155,80	7,79
H2O	235,03	21,20	280,87	46,86	615,59	107,24	99,37	607,72	583,08	24,64	101,88	5,36	5,63	5,36	0,27
C6H10O5				890,30	26,71	26,71						26,71	28,04	26,71	1,34
C6H7O2(ONO2)3					1583,26	1583,26						1583,26	1662,42	1583,26	79,16
Total	1267,10	177,00	2358,25	937,16	3295,41	1877,69	99,37	1517,09	602,94	914,15	106,32	1771,37	1859,93	1771,37	88,57












Keterangan Alat		Keterangan Instrumen	
BE	Bucket Elevator	FC	Flow Controller
BM	Ball Mill	LC	Level Controller
CL	Cooler	LI	Level Indicator
CSC	Cooling Screw Conveyor	TC	Temperature Controller
EV	Evaporator	WI	Weight Indicator
HE	Heater		
M	Mixer	Keterangan Instrumen	
P	Pompa	◇	Nomor Arus
R	Reaktor	○	Temperature
RVF	Rotary Vacuum Filter	□	Tekanan
SC	Screw Conveyor	⊗	Control Valve
SL	Silo	⊕	Pipa
T	Tangki	—	Sinyal Pneumatic
VS	Vibrating Screen	----	Sinyal Elektrik



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 1002
 Perancangan Pabrik Nitro-selulosa dari Selulosa dan Asam Nitrat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
 ©2020-2021
 (Dosen Pembimbing: Mochamad Fauzan Arsyad, S.T., M.Eng.)
 (Dosen Pembimbing: Nurhikmah Saifuddin, S.T., M.Eng.)
 (Penyusun: Alifia Satri, Azzahra Satri, M. Eng.)

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

Kartu Konsultasi Dosen Pembimbing 1

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	27-12-2021	Perancangan kapasitas pabrik	
2	04-02-2022	Persetujuan luaran 1	
3	10-03-2022	Persetujuan luaran 2 dan 3	
4	21-03-2022	Perancangan diagram alir	
5	04-04-2022	Perancangan diagram alir	
6	19-04-2022	Revisi diagram alir dan pembuatan neraca massa	
7	16-06-2022	Neraca massa	
8	23-06-2022	Revisi neraca massa	
9	29-06-2022	Neraca massa dan optimasi reaktor	
10	11-07-2022	Persetujuan luaran 4 dan 5	
11	12-08-2022	Persetujuan luaran 6 dan 12	
12	25-08-2022	Bimbingan alat besar	
13	12-09-2022	Persutuan pengumpulan luaran tahap 8-13	
14	14-09-2022	Bimbingan terkait evaluasi ekonomi	

15	21-09-2022	Persetujuan Luaran 14,15, dan 16	
----	------------	----------------------------------	---

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 21 September 2022

Pembimbing,



Farham H. M. Saleh, Dr., Ir., MSIE.



Kartu Konsultasi Pembimbing 2

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	06-01-2022	Penentuan kapasitas pabrik	
2	03-02-2022	Persetujuan luaran tahap 1	
3	08-02-2022	Pemilihan Proses	
4	25-02-2022	Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	
5	11-02-2022	Persetujuan luaran tahap 2 dan 3	
6	11-07-2022	Persetujuan luaran 4 dan 5	
7	02-08-2022	Pembahasan reaktor dan Penentuan kenaikan suhu reaksi yang terjadi di reaktor	
8	12-08-2022	Persetujuan Luaran 6 dan 12	
9	19-08-2022	Revisi Alat Besar, dan alat kecil	
10	30-08-2022	Revisi posisi alat besar (evaporator)	
11	8-09-2022	Bimbingan PEFD dan utilitas	
12	12-09-2022	Persetujuan pengumpulan luaran tahap 8-13	
13	21-09-2022	Persetujuan pengumpulan luaran 14,15, dan 16	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 12 September 2022

Pembimbing,



Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng.