

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NITROSELULOSA
DARI SELULOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN



Disusun sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik
Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :

Chrisdamar Aji Pradana 23170308D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2024

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NITROSELULOSA DARI SELULOSA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

Oleh :

Chrisdamar Aji Pradana 23170308D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing
Pada Tanggal 15 Januari 2024

Pembimbing I



Dr. Narimo, S.T.,M.M.
NIS. 01199609021057

Pembimbing II



Ir. Sumardiyono, M.T.
NIS. 01199403231041

Mengetahui,
Ketua Prodi S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.
NIS. 01199601032053

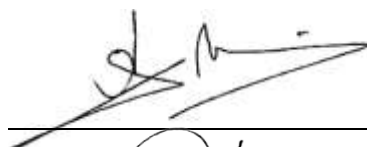
LEMBAR PENGESAHAN**LAPORAN TUGAS AKHIR****PRARANCANGAN PABRIK KIMIA NITROSELULOSA
DARI SELULOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**

**Disusun Oleh :
CHRISDAMAR AJI PRADANA
23170308D**

Telah dipertahankan dalam ujian laporan pada tanggal 23 Januari 2024

Penguji :

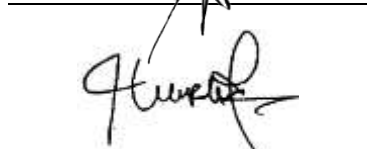
1. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.



2. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng



3. Ir. Sumardiyono, M.T.



4. Dr. Narimo S.T., M.M.

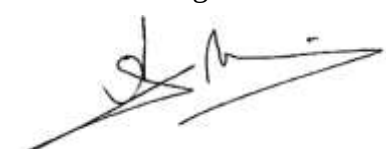


Dekan Fakultas Teknik

Dr. Drs. Suseno, M., Si
NIS. 01199408011044

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.
NIS. 01199601032053

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Motto”

“Dan apa saja yang kamu minta dalam doa dengan penuh kepercayaan kamu akan menerimanya.” – Matius 21:22

“Dia memberi kekuatan kepada yang lelah dan menambah semangat kepada yang tiada berdaya.” – Yesaya 40:29

“Kamu tidak akan pernah bisa merencanakan masa depan dengan masa lalu.”
– Edmund Burke

Hiduplah seolah engkau mati esok, belajarlah seolah engkau hidup selamanya.

Kesuksesan itu bukan ditunggu, tetapi diwujudkan.

Impian besar membutuhkan langkah kecil yang gigih.

Kesuksesan adalah perjalanan, bukan tujuan.

“Persembahan”

Laporan tugas akhir ini penulis dedikasikan kepada kedua orang tua tercinta, ketulusannya atas doa yang selama ini dipanjatkan dalam setiap keadaan dan dukungan yang tak terbatas nilainya. Serta, orang – orang terdekat, tersayang, dan Almamater kebanggaanku.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Kimia Nitroselulosa dari Selulosa dan Asam Nitrat kapasitas 6.000 Ton/Tahun”**. Laporan tugas akhir ini di susun sebagai salah satu syarat untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta. Penulis menyadari sepenuhnya, tanpa bimbingan dari berbagai pihak, laporan ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik dan benar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Tuhan yang telah memberi rahmat yang berlimpah, petunjuk dan kemudahan pada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan benar.
2. Dr. Joni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi.
3. Dr. Drs. Suseno, M.,Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.
4. Ir. Dewi Astuti H, ST.,M.Eng selaku Kaprodi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.
5. Dr. Narimo M.,M selaku Dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta dengan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan selama menyusun tugas akhir skripsi.
6. Ir. Sumardiyono, M.T., selaku Dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta dengan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan selama menyusun tugas akhir skripsi.
7. Dewi Astuti H, ST.,M.Eng. dan Gregorius Prima Indra Budianto, S.T.,M.Eng, selaku Dosen penguji I dan Dosen penguji II yang telah memberikan saran dan pengetahuan yang bersifat membangun.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Setia Budi yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
9. Kedua orang tua, terima kasih atas kasih sayang, pengorbanan, dukungan, dan perhatiannya serta doa yang tulus dalam setiap sujud serta kesabaran yang selalu mengiringi setiap langkah saya dan menanti keberhasilan saya.

10. Teman – teman terdekat yang selalu memberikan dukungan dan energi positif untuk saya.
11. Teman – teman Teknik Kimia angkatan 2017.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan serta bantuan selama menyusun tugas akhir skripsi.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini bisa memberikan penerapan teori – teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Surakarta, 15 Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Rancangan	1
1.2.1 Kebutuhan Nitroselulosa di Indonesia.....	1
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.2.3 Pabrik Nitroselulosa Yang Telah Berdiri	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	5
1.4 Metode Proses.....	10
1.5 Tinjauan Pustaka.....	12
BAB II SPESIFIKASI BAHAN.....	14
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	14
2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu.....	14
2.3 Spesifikasi Produk	15
BAB III DESKRIPSI PROSES	16
3.1 Konsep Proses.....	16
3.1.1 Dasar Reaksi	16
3.1.2 Kondisi Operasi	16
3.1.3 Tinjauan Kinetika	16
3.1.4 Tinjauan Termodinamika	17
3.2 Langkah Proses	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	23
4.1 Neraca Massa	23
4.2 Neraca Panas	27
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES	37

5.1	Tangki Asam Sulfat	37
5.2	Tangki Asam Nitrat.....	37
5.3	Silo Selulosa.....	38
5.4	Mixer.....	38
5.5	Reaktor.....	39
5.6	Rotary Vacuum Filter	39
5.7	Rotary Dryer	40
5.8	Ball Mill	40
5.9	Screen.....	41
5.10	Evaporator	41
5.11	Silo Produk.....	42
5.12	Pompa 1.....	42
5.13	Pompa 2.....	42
5.14	Pompa 3.....	43
5.15	Pompa 4.....	43
5.16	Pompa 5.....	43
5.17	Screw Conveyor 1	44
5.18	Screw Conveyor 2	44
5.19	Screw Conveyor 3	44
5.20	Screw Conveyor 4	44
5.21	Screw Conveyor 5	45
5.22	Blower	45
5.23	Bucket Elevator	45
5.24	Heater 1	46
5.25	Heater 2	46
5.26	Heater 3	46
5.27	Heater 4	47
5.28	Heater 5	47
5.29	Cooler 1.....	47
BAB VI UTILITAS.....		48
6.1	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	48
6.1.1	Kebutuhan air	48
6.1.2	Tahapan pengolahan air.....	50
6.2	Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	53
6.2.1	Listrik proses	53

6.2.2	Listrik pengolahan air	54
6.2.3	Listrik penerangan dan AC	55
6.2.4	Listrik laboratorium dan bengkel	55
6.2.5	Kebutuhan listrik total	55
6.2.6	Cadangan listrik.....	55
6.3	Unit Pengadaan Bahan Bakar	56
6.4	Unit Pengolahan Limbah	56
6.5	Unit Laboratorium	56
6.6	Unit Kesehatan dan Keselamatan Kerja	57
6.7	Alat Utilitas.....	58
6.7.1	Filter.....	58
6.7.2	Bak pengendap awal	58
6.7.3	Tangki koagulasi.....	58
6.7.4	Tangki larutan tawas.....	58
6.7.5	<i>Clarifier</i>	59
6.7.6	<i>Sand filter</i>	59
6.7.7	Tangki air sementara	59
6.7.8	Tangki karbon aktif	59
6.7.9	Tangki kaporit.....	60
6.7.10	Tangki air bersih.....	60
6.7.11	<i>Kation exchanger</i>	60
6.7.12	Tangki asam sulfat.....	60
6.7.13	<i>Anion exchanger</i>	60
6.7.14	Tangki NaOH	61
6.7.15	Deaerator	61
6.7.16	Tangki air umpan boiler	61
6.7.17	Boiler	61
6.7.18	Blower	62
6.7.19	<i>Cooling tower</i>	62
6.7.20	Tangki <i>cooling water</i>	62
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK		64
7.1	Organisasi Perusahaan	64
7.1.1	Bentuk Perusahaan	64
7.1.2	Sistem Manajemen Perusahaan	64
7.2	Kebutuhan Karyawan.....	72

7.2.1	Status dan Penggolongan Jabatan Karyawan	72
7.2.2	Sistem Kerja Karyawan	73
7.2.3	Sistem Upah atau Gaji Karyawan.....	74
7.2.4	Kesejahteraan Sosial Karyawan	76
7.3	Tata Letak Pabrik.....	77
7.3.1	Tata Letak Pabrik.....	77
7.3.2	Tata Letak Peralatan	78
7.3.3	Rencana Pengembangan	80
BAB VIII ANALISIS EKONOMI		82
8.1	<i>Chemical Plant Cost Index</i>	82
8.2	Modal (<i>Capital Investment</i>).....	84
8.2.1	Modal tetap (<i>Fixed Capital Investment</i>).....	84
8.2.2	Modal kerja (<i>Working Capital Investment</i>).....	84
8.3	Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>).....	85
8.3.1	Biaya produksi langsung (<i>Direct Manufacturing Cost</i>) .	85
8.3.2	Biaya produksi tidak langsung (<i>Indirect Manufacturing Cost</i>)	85
8.3.3	Biaya tetap (<i>Fixed Manufacturing Cost</i>).....	86
8.4	Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>).....	86
8.5	Analisis Kelayakan	86
8.5.1	<i>Percent Return On Investment (ROI)</i>	87
8.5.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	87
8.5.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	88
8.5.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	89
8.5.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	89
BAB IX KESIMPULAN		91
DAFTAR PUSTAKA.....		92
LAMPIRAN A NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		95
A.1	Neraca Massa	95
A.1.1	Neraca massa basis	95
A.1.2	Neraca massa basis setelah <i>recycle</i>	100
A.1.3	Neraca massa <i>scale up</i>	106
A.1.4	Neraca massa <i>scale up</i> setelah <i>recycle</i>	112
A.2	Neraca Panas	118
LAMPIRAN B.....		145

B.1	Perancangan Alat Proses.....	145
B.2	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	206
B.3	Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	209
B.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar	212
B.5	Perancangan Alat Utilitas	213
LAMPIRAN C.....		222

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Impor Nitroselulosa di Indonesia	2
Gambar 2. Lokasi Pabrik	6
Gambar 3. Diagram Alir Kualitatif.....	21
Gambar 4. Diagram kuantitatif.....	22
Gambar 5. Pengolahan air	63
Gambar 6. Struktur organisasi perusahaan	71
Gambar 7. Tata letak pabrik	78
Gambar 8. Perencanaan tata letak alat proses.....	81
Gambar 9. Grafik hubungan tahun dengan cost index	83
Gambar 10. BEP dan SDP	89

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Impor Nitroselulosa di Indonesia Menurut UNDATA	2
Tabel 2. Sumber Bahan Baku Utama	3
Tabel 3. Pabrik Nitroselulosa Di Negara Asia	4
Tabel 4. Data Ekspor Impor di Asia Tenggara Tahun 2014 – 2019.....	5
Tabel 5. Jumlah Penduduk Beberapa Wilayah Tahun 2020.....	7
Tabel 6. Data UMK Beberapa Daerah Tahun 2023	8
Tabel 7. Perbandingan Kota untuk Lokasi Pabrik.....	9
Tabel 8. Metode dan Perbandingan Parameternya	11
Tabel 9. Kelebihan dan Kekurangan Metode Proses.....	12
Tabel 10. Data Hasil Eksperimen	17
Tabel 11. Data Entalpi dan Gibbs Pembentukan Komponen	17
Tabel 12. Neraca Massa di sekitar Mixer 1 (Mx – 01).....	24
Tabel 13. Neraca Massa di sekitar Reaktor 1 (R – 01).....	24
Tabel 14. Neraca Massa di sekitar Rotary Vacuum Filter 1 (RVF – 01)	25
Tabel 15. Neraca Massa di sekitar Rotary Dryer 1 (RD – 01)	25
Tabel 16. Neraca Massa di sekitar Ball Mill 1 (BM – 01)	26
Tabel 17. Neraca Massa di sekitar Screen 1 (SR – 01)	26
Tabel 18. Neraca Massa di sekitar Evaporator 1 (EV – 01).....	26
Tabel 19. Koefisien Regresi Tiap Komponen	27
Tabel 20. Kapasitas Panas Tiap Komponen	28
Tabel 21. Neraca panas sekitar Heater 1 (H – 01).....	28
Tabel 22. Neraca panas sekitar Heater 2 (H – 02).....	29
Tabel 23. Neraca panas sekitar Mixer 1 (Mx – 01).....	29
Tabel 24. Neraca panas sekitar Heater 3 (H – 03).....	30
Tabel 25. Neraca panas sekitar Reaktor 1 (R – 01).....	30
Tabel 26. Neraca panas sekitar Cooler 1 (E – 01).....	31
Tabel 27. Neraca panas sekitar Rotary Vacuum Filter 1 (RVF – 01) ..	31
Tabel 28. Neraca panas sekitar Heater 4 (H – 04).....	32
Tabel 29. Neraca panas sekitar Rotary Dryer 1 (RD – 01).....	32
Tabel 30. Neraca panas sekitar Heater 5 (H – 05).....	33
Tabel 31. Neraca panas sekitar Cooler 2 (E – 02).....	33
Tabel 32. Neraca panas sekitar Ball Mill 1 (BM – 01).....	34

Tabel 33. Neraca panas sekitar Screen 1 (SR – 01).....	34
Tabel 34. Neraca panas sekitar Heater 6 (H – 06).....	35
Tabel 35. Neraca panas sekitar Evaporator 1 (EV – 01)	35
Tabel 36. Neraca panas sekitar Kondensor 1 (CN – 01)	36
Tabel 37. Neraca panas sekitar Cooler 3 (E – 03)	36
Tabel 38. Kebutuhan air pendingin	48
Tabel 39. Kebutuhan air sanitasi	49
Tabel 40. Kebutuhan air untuk steam.....	50
Tabel 41. Kebutuhan air proses	50
Tabel 42. Total kebutuhan air.....	50
Tabel 43. Kebutuhan listrik proses.....	53
Tabel 44. Kebutuhan listrik pengolahan air.....	54
Tabel 45. Total kebutuhan listrik.....	55
Tabel 46. Jam Kerja Karyawan Non-shift	73
Tabel 47. Jam Kerja dan Pembagian Shift Karyawan Shift	74
Tabel 48. Kebutuhan karyawan dan gaji	75
Tabel 49. Perencanaan tata letak pabrik	77
Tabel 50. Chemical Plant Cost Index 2014 – 2023	83
Tabel 51. Total fixed capital investment	84
Tabel 52. Working capital	85
Tabel 53. Direct manufacturing cost	85
Tabel 54. Fixed charges.....	86
Tabel 55. General expenses	86
Tabel 56. Fixed cost.....	88
Tabel 57. Variable cost.....	88
Tabel 58. Regulated cost	89
Tabel 59. Analisis kelayakan ekonomi.....	91

INTISARI

Prarancangan pabrik nitroselulosa dari selulosa dan asam nitrat memberikan prospek yang sangat cerah dalam dunia perindustrian mengingat belum adanya pabrik yang memproduksi di Indonesia. Pabrik tersebut direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun diatas area sebesar 8.4338 m² yang akan didirikan pada tahun 2027, lokasi pabrik berada di Majalengka, Jawa Barat yang berdekatan dengan PT. Nitrotama Kimia sebagai penyedia bahan baku utama. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 6.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri.

Proses pembuatan nitroselulosa berlangsung pada fase padat - cair dengan menggunakan reaktor CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dengan kondisi tekanan 1 atm, suhu 40°C. Reaksi berlangsung secara *eksotermis*, *irreversible*, dan *non adiabatic*. Kebutuhan selulosa sebesar 428,66 kg/jam, Asam Nitrat sebesar 800,58 kg/jam. Produk nitroselulosa sebesar 757,6 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan *generator set* sebesar 600,9 kW sebagai cadangan, dan bahan bakar Minyak diesel (IDO) total sebanyak 0,05 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp287.425.548.383,60 dan modal kerja Rp28.742.554.838,36. Keuntungan sebelum pajak Rp57.363.056.561,65 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 22% keuntungan mencapai Rp44.743.184.118,08 pertahun. *Rate of Return on Investment* (ROROI) sebelum pajak sebesar 19,9% dan sesudah pajak sebesar 15,6%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 3,3 tahun dan setelah pajak selama 3,9 tahun, *Break Event Point* (BEP) sebesar 42,6%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 26,4%, *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 8,47%. Dari segi data analisis ekonomi kelayakan dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kebutuhan primer dan sekunder di Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan, salah satunya peningkatan kebutuhan nitroselulosa terutama penggunaannya di bidang industri. Guna memenuhi kebutuhan nitroselulosa dalam negeri, Indonesia melakukan kegiatan impor. Buruknya, hal ini menyebabkan meningkatnya pengeluaran tiap tahun untuk kegiatan impor yang mana tidak baik jika dilakukan guna jangka panjang.

Dalam upaya menjadikan negara yang mandiri untuk mengurangi ketergantungan produk impor, memenuhi permintaan kebutuhan nitroselulosa, meningkatkan pendapatan negara melalui sektor industri, serta meminimalisir angka pengangguran dengan menambah peluang lapangan pekerjaan maka Indonesia perlu meningkatkan pembangunan struktur perekonomian yang lebih baik dengan melakukan pembangunan industri salah satunya industri nitroselulosa.

Nitroselulosa merupakan bahan kimia dengan rumus $[C_6H_7O_5(NO_2)_3]$ bersifat mudah terbakar dan dapat digunakan sebagai bahan pendukung pada industri cat otomotif, kayu dan printing. Saat ini kebutuhan nitroselulosa di Indonesia masih di impor dari negara China, oleh karena itu perlu didirikan pabrik nitroselulosa guna memenuhi kebutuhan dalam negeri untuk meminimalisir ketergantungan impor.

1.2 Kapasitas Rancangan

Analisis penentuan kapasitas produksi perancangan pabrik nitroselulosa dapat dilakukan berdasarkan pertimbangan faktor – faktor sebagai berikut.

1.2.1 Kebutuhan Nitroselulosa di Indonesia

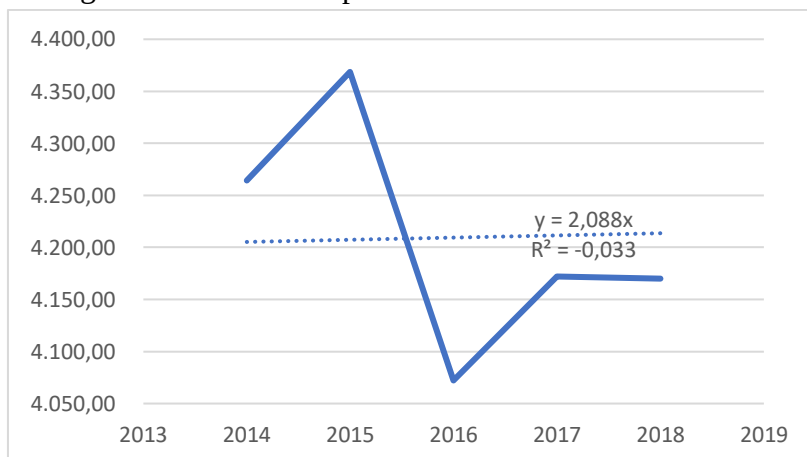
Berdasarkan *United Nations Data*, tercatat bahwa di Indonesia terdapat kegiatan impor untuk komoditas nitroselulosa tahun 2014 – 2018 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Impor Nitroselulosa di Indonesia Menurut UNDATA

Tahun	Kuantitas (TPA)
2014	4.264,28
2015	4.368,63
2016	4.072,17
2017	4.172,25
2018	4.170,07

Sumber: United Nations Statistics Division, 2022

Data impor nitroselulosa pada tabel tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan nitroselulosa di Indonesia mengalami fluktuasi sesuai dengan permintaan pabrik dalam negeri. Disamping itu, dapat dinilai bahwa Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan nitroselulosa dalam negeri sehingga hal ini dapat menjadi faktor pertimbangan dalam menentukan kapasitas rancangan. Berikut prediksi kebutuhan nitroselulosa di Indonesia pada tahun 2027 dengan menggunakan metode regresi linier berdasar pada data tersebut diatas.



Gambar 1. Grafik Impor Nitroselulosa di Indonesia

Dari grafik tersebut diperoleh data R^2 mendekati 1 yaitu sebesar 0,9994 dengan persamaan $y = 2,088x$. Dari persamaan tersebut diperoleh hasil prediksi kebutuhan nitroselulosa di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebagai berikut.

$$y = 2,088x$$

$$y = 2,088(2027)$$

$$y = 4.232,4 \text{ Ton/Tahun}$$

Dengan variabel y merupakan data impor nitroselulosa di Indonesia dan variabel x merupakan tahun prediksi kebutuhan nitroselulosa di Indonesia yang diinginkan.

Dari perhitungan persamaan diatas, berdasarkan data impor nitroselulosa di Indonesia menurut UNdata diprediksi bahwa kebutuhan pada tahun 2027 yaitu sebesar 4.232,4 ton/tahun. Oleh karena itu, pada tahun 2027 perancangan pabrik nitroselulosa di Indonesia dapat didirikan dengan kapasitas sebesar 6.000 ton/tahun dengan tujuan agar dapat memenuhi kebutuhan nitroselulosa dalam negeri, tidak ketergantungan produk impor, dan meningkatkan pendapatan ekspor melalui penjualan produk nitroselulosa.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Selain data kebutuhan nitroselulosa di Indonesia, faktor lain yang mempengaruhi pertimbangan dalam menentukan kapasitas rancangan yaitu ketersediaan bahan baku pembuatan nitroselulosa. Ketersediaan bahan baku juga dianggap sebagai faktor penting karena perlu dipastikan bahwa bahan baku cukup untuk memenuhi permintaan pabrik agar dapat menghasilkan produk tiap tahun sesuai dengan target serta sebagai upaya meminimalisir terjadinya pembengkakan biaya dalam pengadaan bahan baku. Data ketersediaan bahan baku yang ada adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Sumber Bahan Baku Utama

No	Bahan Baku	Produsen	Kapasitas (Ton/tahun)
1.	Selulosa	Sixian Jiusheng Wood Fiber Co., Ltd., China	12.000
2.	Selulosa	Foodchem International Co., China	240
3.	Selulosa	Shijiazhuang Jinghong Chemical Technology Co., Ltd., China	3.600
4.	Asam sulfat	PT. Indonesia Aliands Industri, Jakarta	n.r
5.	Asam sulfat	PT. Timur Raya Tunggal, Karawang	216.000
6.	Asam nitrat	PT. Multi Nitrotama Kimia, Karawang	100.000

Sumber: (Direktori Perusahaan Industri, 2016; Produsen Selulosa, 2023)

1.2.3 Pabrik Nitroselulosa Yang Telah Berdiri

Berdasarkan *United Nations Data*, di Indonesia terdapat kegiatan ekspor nitroselulosa dalam jumlah yang tergolong kecil. Namun berdasarkan catatan dari Unit Kearsipan Kementerian Perindustrian Indonesia menyatakan bahwa sejauh ini tidak ada catatan mengenai perusahaan nitroselulosa yang berdiri dan beroperasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa ada kemungkinan kegiatan ekspor nitroselulosa yang dilakukan merupakan sisa dari nitroselulosa hasil kegiatan impor. Agar dari segi ekonomi dapat menguntungkan maka dilakukan kegiatan ekspor. Sedangkan dilihat dari catatannya, tiap tahun tercatat angka impor nitroselulosa di Indonesia mengalami peningkatan. Oleh karena itu, perlu adanya pengadaan pabrik nitroselulosa di Indonesia dalam upaya mengurangi ketergantungan impor dan mengatasi pembengkakan dana guna jangka panjang. Pabrik nitroselulosa yang telah berdiri di Asia dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Pabrik Nitroselulosa Di Negara Asia

Produsen Nitroselulosa	Lokasi	Kapasitas (TPA)
Hebei Chenghao Chemical Co., Ltd.	China	12.000
Shandong Pulp and Paper Co., Ltd.	China	18.000
Zibo Qingxin Chemicals Co., Ltd.	China	18.000
Nitro Chemical Industry, Ltd.	Thailand	10.000
Nobel NC Company, Ltd.	Thailand	30.000
Korean CNC, Ltd.	Korea	5.000
Triveni Chemicals	India	n.r
Jyoti Enterprise	India	n.r

Sumber: (*Perusahaan Nitroselulosa*, 2023); n.r-not reported.

Tabel diatas merupakan daftar pabrik nitroselulosa yang saat ini aktif memproduksi di beberapa negara. Namun, karena kemungkinan bukan dijadikan salah satu dari konsumsi publik terdapat beberapa pabrik tidak menyebutkan kapasitas produksinya.

Selain itu, kebutuhan nitroselulosa di Asia dapat dilihat dari kegiatan ekspor dan impornya yang aktif tiap tahunnya pada tabel yang menyajikan data kegiatan ekspor dan impor beberapa negara di Asia Tenggara berikut ini.

Tabel 4. Data Ekspor Impor di Asia Tenggara Tahun 2014 – 2019

Negara	Ekspor (TPA)	Impor (TPA)
Indonesia	2.688,2	21.047,4
Brunei Darussalam	-	0,4
Filipina	29,65	3.459,6
Kamboja	-	-
Malaysia	983,7	9.960,2
Laos	-	12,1
Myanmar	-	8.822,292
Singapura	49,947	923,712
Thailand	-	-
Vietnam	-	-

Sumber: (United Nations Statistics Division, 2022)

Berdasarkan tabel yang ada sesuai dengan *United Nations Data*, tercatat angka impor beberapa negara lebih tinggi dibanding angka ekspor seperti pada tabel 4, sehingga diperlukan adanya pengadaan pabrik nitroselulosa agar dapat memenuhi permintaan kebutuhan nitroselulosa Asia Tenggara. Mempertimbangkan adanya pabrik nitroselulosa yang telah berdiri juga merupakan salah satu faktor penentu besar kapasitas pabrik yang akan didirikan agar sesuai dengan target pemasaran yang diinginkan.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Rencana perancangan pabrik nitroselulosa ini akan didirikan di daerah Cisambeng, Majalengka, Jawa Barat. Beberapa faktor seperti sumber bahan baku, sumber daya manusia, pemasaran produk, transportasi, utilitas, dan kebijakan pemerintah telah menjadi faktor penimbang dalam penentuan lokasi pabrik ini.

Sumber: (Google Earth Pro, 2022)



Gambar 2. Lokasi Pabrik

Dalam mendirikan suatu pabrik, penentuan lokasi perlu menjadi perhatian khusus dalam mempertimbangkannya agar tidak berdampak buruk untuk pabrik itu sendiri maupun untuk masyarakat dan atau lingkungan sekitar. Seperti halnya yang tercantum pada Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 35 tahun 2010 tentang pedoman teknis kawasan industri, yaitu perlu jarak 2 kilometer untuk mendirikan industri, peruntukan lahan merupakan lahan non pertanian, non pemukiman, dan non konversi (Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia, 2010). Selain itu, penentuan lokasi pabrik perlu adanya faktor penunjang yang memadai. Dekat dengan sumber bahan baku, kawasan industri, tenaga kerja, transportasi, penyediaan air, dan pemasaran produk yang relatif mudah merupakan faktor penunjang yang perlu menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik. Tujuan dari penentuan lokasi pabrik dengan faktor penunjang yang memadai yaitu untuk mendapatkan keuntungan teknis dan ekonomis secara optimal, selain itu agar dalam pendirian pabrik ini tidak mengganggu masyarakat dan atau lingkungan sekitar (Fakhrudin & Jamal, 2021; Pradani *et al.*, 2017).

Menurut Marsudi Djojodipuro (Marsudi Djojodipuro, 1992), berikut faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik.

1.3.1 Faktor *Endowment*

Meliputi ketersediaan faktor – faktor produksi baik secara kualitas maupun kuantitas pada daerah tertentu, salah satunya yaitu tenaga kerja. Sumber daya manusia di suatu wilayah dapat mempengaruhi bagaimana kualitas dari tenaga kerja suatu pabrik. Begitu pula dengan kuantitas sumber daya manusia, sumber daya manusia yang memiliki kuantitas dalam jumlah besar dapat menguntungkan dalam mendirikan suatu pabrik, karena pabrik tidak perlu menambah anggaran guna biaya akomodasi calon tenaga kerja. Oleh karena itu, perlu adanya riset jumlah sumber daya manusia yang diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik. Berikut adalah tabel data yang menunjukkan jumlah penduduk dengan klasifikasi umur produktif yaitu 25 – 35 tahun berdasarkan Badan Pusat Statistik dari beberapa wilayah.

Tabel 5. Jumlah Penduduk Beberapa Wilayah Tahun 2020

Wilayah	Kelompok Umur	Laki - Laki	Perempuan	Total Penduduk
Riau	25 – 29	290.498	281.806	1.126673
	30 – 34	281.507	272.862	
Jawa Barat	25 – 29	4.016.800		7.880.200
	30 – 34	3.863.400		

Sumber: (BPS Riau, 2023; Statistics of Jawa Barat, 2022)

1.3.2 Pasar dan Harga

Tujuan pengusaha dalam mendirikan suatu pabrik yaitu agar mendapatkan keuntungan dimana tentunya nilai pengeluaran lebih rendah dibanding nilai pemasukan penjualan produk. Oleh karena itu, lokasi mendirikan pabrik perlu memperhatikan pasar dan harga di suatu daerah agar dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Selain itu tentunya harga yang berlaku di pasar juga perlu didasarkan pada kondisi permintaan konsumen serta harga produksi yang ada.

1.3.3 Ketersediaan Sarana Produksi

Dalam mendirikan pabrik perlu memperkirakan ketersediaan sarana produksi karena jika tidak memadai hal ini akan menjadi penghambat dalam mendapatkan keuntungan yang optimal. Sarana

produksi yang dimaksud seperti fasilitas transportasi, adanya bahan baku, fasilitas telekomunikasi, peralatan produksi, dan lain – lain.

1.3.4 Biaya Angkut

Tingginya biaya angkut bahan baku, bahan penunjang, ataupun produk dapat meningkatkan harga jual produk. Oleh karena itu, hal ini perlu dihindari untuk meminimalisir membengkaknya pengeluaran karena dapat menyebabkan harga jual produk tinggi sehingga keuntungan yang didapat tidak optimal. Jadi, lokasi pabrik yang strategis dapat mengurangi biaya angkut sehingga dapat mengoptimalkan keuntungan.

1.3.5 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah memiliki peran dalam membuat dan atau menentukan kebijakan mengenai penentuan lokasi kegiatan usaha dengan menggunakan kekuasaan atau wewenangnya. Kebijakan ini dibuat dengan tujuan kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut. Selain itu pemerintah khususnya pemerintah daerah juga memiliki wewenang dalam mengatur upah minimum kabupaten/kota yang biasa disebut UMK. Tinggi rendahnya nilai UMK suatu daerah juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik agar dalam jangka panjang faktor tersebut diharapkan mampu memenuhi tujuan awal. Sehingga hal ini juga menjadi suatu catatan yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi pabrik. Data UMK beberapa daerah pada tahun 2023 disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 6. Data UMK Beberapa Daerah Tahun 2023

Kabupaten/Kota	UMK 2023
Kota Dumai	Rp3.723.278,98
Kab. Rokan Hilir	Rp3.242.977,19
Kab. Tasikmalaya	Rp2.326.772,46
Kab. Majalengka	Rp2.009.000,00
Kab. Karawang	Rp4.798.312,00

Sumber: (SK UMK Jabar, 2021; SK UMK Riau, 2023)

Berdasarkan faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik, tabel berikut menunjukkan perbandingan antar kota penentuan untuk lokasi pabrik.

Tabel 7. Perbandingan Kota untuk Lokasi Pabrik

Faktor	Kota/Kabupaten				
	Dumai	Rokan Hilir	Tasikmalaya	Majalengka	Karawang
Sumber Bahan Baku					
Selulosa	118 jam	116 jam	117 jam	115 jam	113 jam
Asam Nitrat	27 jam	28 jam	5 jam	2 jam 44 menit	1 jam
Asam Sulfat	27 jam	28 jam	5 jam 23 menit	3 jam 5 menit	2 jam
(poin)	1	2	5	6	7
SDM	1.126.673		7.880.200		
(poin)	1	1	7	7	7
Pemasaran Produk	Produk akan dipasarkan di dalam dan luar negeri. Untuk sasaran utama yaitu di Pulau Jawa.				
(poin)	5	4	8	8	8
Transportasi	Pelabuhan Pekanbaru 158 km	Pelabuhan Pekanbaru 203 km	Pelabuhan Patimban 200 km	Pelabuhan Patimban 114 km	Pelabuhan Patimban 81,8 km
(poin)	7	6	6	8	9
Utilitas	Air diperoleh dari sumber terdekat. Listrik disuplai dari PLN.				
(poin)	7	7	7	7	7
Kebijakan UMK	Rp3.723.278,98	Rp3.242.977,19	Rp2.326.772,46	Rp2.000.900,00	Rp4.798.312,00
(poin)	7	7	8	9	5
Total poin	28	27	43	45	43

1.4 Metode Proses

Pembuatan nitroselulosa dapat dilakukan dengan berbagai macam proses. Setiap proses menghasilkan *yield* dan kemurnian yang berbeda – beda sehingga hal ini juga dapat dijadikan sebagai salah satu parameter dalam menentukan prosesnya. Proses – proses tersebut adalah proses Charles *and* Everette, proses William C. Ramsey, dan proses Warren L Plunket.

Macam proses pembuatan nitroselulosa yang pertama yaitu proses Charles *and* Everette. Proses ini menggunakan serat kapas sebagai bahan baku selulosa, sedangkan proses nitrasi dapat dilakukan dengan menggunakan garam anorganik seperti magnesium nitrat, campuran nitrasi asam nitrat, magnesium nitrat dan air dalam proses nitrasi adalah metode baru yang berguna untuk mengurangi polusi dan meminimalkan kerusakan lingkungan. Proses kedua merupakan proses William C. Ramsey dengan proses nitrasinya dilakukan dalam strip panjang yang dimasukkan ke dalam tabung disisi ujung tabung dan akan ditarik ke sisi lainnya. Metode ini tergolong baru dan perlu dilakukan peninjauan dari sisi ekonomi karena dalam prosesnya menggunakan katalis asam fosfat sedangkan sejauh ini belum ada industri yang menggunakan asam fosfat sebagai katalis serta memiliki tingkat kesulitan teknis yang besar. Proses yang ketiga merupakan proses Warren L Plunket dengan menggunakan campuran dari *nitrating agent* berupa asam nitrat, asam sulfat dan air. Perbandingan parameter pembuatan nitroselulosa dari berbagai macam proses dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Metode dan Perbandingan Parameternya

Parameter	Metode Proses		
	Charles and Everette	William C. Ramsey	Warren L Plunket
Bahan baku utama	Selulosa + HNO_3	Selulosa + HNO_3	Selulosa + HNO_3
Katalis	HNO_3	HNO_3 + H_3PO_4	H_2SO_4
Yield	11%	-	-
Konversi	-	-	97%
Waktu Reaksi	-	60 menit	20 menit
Temperatur	40°C	15°C	40°C
Tekanan	1 Atm	1 Atm	1 Atm
Limbah yang dihasilkan	HNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, dan H_2O	HNO_3 , H_3PO_4 , dan H_2O	HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O
Sifat Bahan Baku	HNO_3 korosif	HNO_3 dan H_3PO_4 korosif	HNO_3 dan H_2SO_4 korosif

Sumber: (Lewis & Hann, 1973; Warren L. Plunkett, 1960; William C. Ramsey, 1953)

Berdasarkan tabel diatas, Warren L Plunket dinilai lebih unggul dibanding yang lainnya, dapat dilihat bahwa proses tersebut dapat dijalankan pada kondisi temperatur dibawah 40°C dan tekanan pada 1 atm namun konversi yang dihasilkan sebesar 97% dengan kemurnian 99%. Berikut dicantumkan pula kelebihan dan kekurangan metode proses pada tabel 9.

Tabel 9. Kelebihan dan Kekurangan Metode Proses

Metode Proses	Kelebihan	Kekurangan
Charles and Everette	Temperatur operasi rendah	1. Yield yang dihasilkan sedikit 2. Sumber selulosa yang digunakan lebih mahal 3. Proses produksi rumit sehingga industri belum ada yang menerapkannya karena biaya operasional lebih tinggi
William C. Ramsey	1. Temperatur proses rendah 2. Waktu reaksi lama (60 menit)	1. Menggunakan katalis yang jarang digunakan 2. Proses rumit 3. Biaya operasional tinggi
Warren L Plunket	1. Waktu reaksi lebih singkat 2. Kondisi operasi tidak ekstrim 3. Proses produksi tidak rumit sehingga biaya operasional juga lebih rendah 4. Sumber selulosa mudah ditemukan dan murah 5. Konversi yang dihasilkan tinggi	

Sumber: (Lewis & Hann, 1973; Warren L. Plunkett, 1960; William C. Ramsey, 1953)

Oleh karena kelebihan dan kekurangan dari masing – masing metode proses, maka metode proses yang diterapkan pada pabrik pembuatan nitroselulosa ini yaitu metode proses Warren L Plunket.

1.5 Tinjauan Pustaka

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan nitroselulosa yaitu selulosa dan asam nitrat serta asam sulfat sebagai katalisnya. Selulosa berbentuk padatan amorf dengan berat molekul 162,14 g/mol, *specific gravity* 1,3 – 1,4 g/cm³, dan tidak larut dalam air (Green & Perry, 2008).

Asam nitrat berbentuk cair tidak berwarna memiliki rumus molekul HNO₃ dengan berat molekul 63,02 g/mol, *specific gravity* 1,502 g/cm³, titik leleh -42 °C, titik didih 86 °C, larut dalam air, dan meledak pada 95% etil alkohol (Green & Perry, 2008).

Asam sulfat berbentuk cair tidak berwarna dengan berat molekul 98,08 g/mol, *specific gravity* 1,834 g/cm³, titik leleh 10,49 °C, titik didih 340 °C, dan larut dalam air (Green & Perry, 2008).

Sedangkan untuk produk nitroselulosa berbentuk serbuk tidak berwarna memiliki rumus molekul $[C_6H_7O_5(NO_2)_3]$ dengan berat molekul 297 g/mol, *specific gravity* 0,765 – 0,775 g/cm³, titik leleh 100 °C, titik didih 83 °C, dan larut dalam eter (*Nitrocellulose*, 2022).

Pembuatan nitroselulosa dari selulosa dan asam nitrat dengan reaksi nitrasi dibantu oleh katalis asam sulfat dengan prosesnya menggunakan *continous stirred tank reactor* (CSTR). Proses reaksi berlangsung pada fase padat – cair, *irreversible*, eksotermik, bersifat isothermal pada temperatur 40 °C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan mol 1:3 (Warren L. Plunkett, 1960).

Selulosa diumpankan ke dalam reaktor yang sebelumnya telah diatur temperaturnya pada 40 °C, asam nitrat dengan konsentrasi 51 – 75% ditambahkan, dan asam sulfat 13% sehingga terjadi sebuah reaksi nitrasi yang menghasilkan nitroselulosa setelah 20 menit. Selama proses berlangsung, temperatur harus dijaga pada 40 °C. Setelah proses nitrasi, padatan dan cairan yang terbentuk dipisahkan menggunakan *centrifuge*, cairan dialirkan menuju *recovery spent acid*, sedangkan padatan dialirkan menuju tanki penetralan untuk dilakukan pencucian, dipanaskan dengan suhu 100 °C dengan tekanan 1 atm selama 1 jam yang bertujuan untuk melunakkan nitroselulosa. Selanjutnya adalah proses penetralan asam yang terbawa oleh nitroselulosa dengan menggunakan asam karbonat 1% pada tanki netralisasi, selama 1 jam dengan suhu 100 °C (Warren L. Plunkett, 1960).