

SKRIPSI

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM OKSALAT
DIHIDRAT DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**



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

**Oleh :
Birgitta Renita Ningsih
23170309D**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Oleh :
Birgitta Renita Ningsih
23170309D

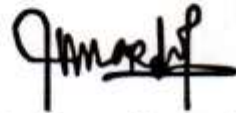
Telah Disetujui Oleh Pembimbing
Pada Tanggal 10 Januari 2023

Pembimbing I



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

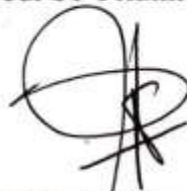
Pembimbing II



Ir. Sumardiyono, M.T.
NIS. 01199403231041

Mengetahui,

Ketua Prodi S1 Teknik Kimia



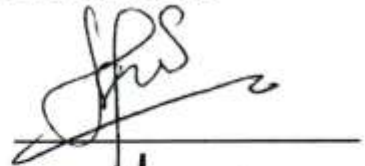
Gregorius Prima Indra Budianto, S.T.,M.Eng
NIS. 0120140726118

LEMBAR PENGESAHAN**LAPORAN TUGAS AKHIR****PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM OKSALAT
DIHIDRAT DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :
BIRGITTA RENITA NINGSIH
23170309D

Telah dipertahankan dalam ujian laporan pada tanggal 17 Januari 2023

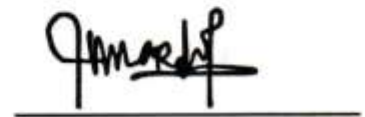
Penguji : 1. Dr. Supriyono, S.T., M.T.



2. Dewi Astuti Herawati, 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


Gregorius Prima Indra Budiarto, S.T., M.Eng.
NIS. 01201407261183

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Motto”

“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau; Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan.” – Yesaya 41:10

Tinggalkan pikiran yang membuatmu lemah dan peganglah pikiran yang memberi kekuatan bagimu.

Hidup cuma sekali. Jangan menua tanpa arti.

“Persembahan”

Laporan tugas akhir ini penulis dedikasikan kepada Mbah dan kedua orang tua tercinta, ketulusannya atas doa yang selama ini dipanjatkan dalam setiap keadaan dan *support* yang tak terbatas nilainya. Serta, orang – orang terdekat dan 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 Asam Oksalat Dihidrat dari Glukosa dan Asam Nitrat kapasitas 10.000 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. Gregorious Prima Indra B., S.T., 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. Dr. Supriyono, S.T.,M.T. dan Ir. Dewi Astuti H, ST.,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, doa, *support* 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 *support* 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, 10 Januari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Rancangan	1
1.2.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia	1
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.2.3 Pabrik Asam Oksalat Dihidrat Yang Telah Berdiri	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	6
1.4 Metode Proses	9
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	14
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	18
3.2 Langkah Proses	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	24
4.1 Neraca Massa	24
4.1.1 Mixer 1	24
4.1.2 Reaktor 1	25
4.1.3 <i>Centrifuge</i> 1	25
4.1.4 Evaporator 1	25
4.1.5 <i>Crystallizer</i> 1	26
4.1.6 <i>Centrifuge</i> 2	26
4.1.7 <i>Rotary dryer</i> 1	26
4.1.8 <i>Cooling conveyor</i>	26

4.2	Neraca Panas	27
4.2.1	Mixer 1	28
4.2.2	Heater 1	29
4.2.3	Heater 2	29
4.2.4	Reaktor 1	29
4.2.5	Centrifuge 1	30
4.2.6	Heater 3	30
4.2.7	Evaporator 1	30
4.2.8	Kondensor.....	31
4.2.9	Cooler 1	31
4.2.10	Crystallizer 1	31
4.2.11	Cooler 2	31
4.2.12	Centrifuge 2	32
4.2.13	Heater Udara	32
4.2.14	Rotary dryer 1.....	32
4.2.15	Cooling Conveyor.....	32
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES		33
5.1	Tangki Glukosa.....	33
5.2	Tangki Asam Nitrat	33
5.3	Mixer 1.....	34
5.4	Reaktor 1	34
5.5	Centrifuge 1	35
5.6	Evaporator 1.....	35
5.7	Crystallizer 1.....	35
5.8	Centrifuge 2	36
5.9	Rotary Dryer 1	36
5.10	Screw Conveyor 1	36
5.11	Screw Conveyor 2	37
5.12	Cooling Conveyor 1	37
5.13	Bucket Elevator	37
5.14	Heater 1	38
5.15	Heater 2	38
5.16	Heater 3	38
5.17	Cooler 1	39
5.18	Cooler 2.....	39
5.19	Heater Udara	39
5.20	Blower	40
5.21	Silo Penyimpanan Produk	40

5.22	Pompa 1	40
5.23	Pompa 2	41
5.24	Pompa 3	41
5.25	Pompa 4	41
5.26	Pompa 5	41
5.27	Pompa 6	42
5.28	Pompa 7	42
5.29	Pompa 8	42
5.30	Pompa 9	42
5.31	Pompa 10	43
BAB VI UTILITAS		44
6.1	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	44
6.1.1	Kebutuhan air	44
6.1.2	Tahapan pengolahan air	46
6.2	Unit Pengadaan Tenaga Listrik	48
6.2.1	Listrik proses	49
6.2.2	Listrik utilitas	49
6.2.3	Listrik penerangan dan AC	50
6.2.4	Listrik untuk laboratorium dan bengkel	50
6.2.5	Kebutuhan listrik total	50
6.2.6	Cadangan listrik	50
6.3	Unit Pengadaan Bahan Bakar	51
6.4	Unit Pengolahan Limbah	51
6.5	Unit Laboratorium	51
6.6	Unit Kesehatan dan Keselamatan Kerja	52
6.7	Alat Utilitas	53
6.7.1	Filter	53
6.7.2	Bak pengendap awal	53
6.7.3	Bak Koagulasi	53
6.7.4	Tangki larutan tawas	53
6.7.5	<i>Clarifier</i>	53
6.7.6	<i>Sand filter</i>	54
6.7.7	Bak penampung sementara	54
6.7.8	Tangki karbon aktif	54
6.7.9	Tangki kaporit	54
6.7.10	Tangki air bersih	55
6.7.11	<i>Kation exchanger</i>	55
6.7.12	Tangki H ₂ SO ₄	55

6.7.13	<i>Anion exchanger</i>	55
6.7.14	Tangki NaOH	55
6.7.15	Deaerator	56
6.7.16	Bak penampung air umpan boiler.....	56
6.7.17	Boiler	56
6.7.18	Blower	56
6.7.19	<i>Cooling tower</i>	56
6.7.20	Bak penampung air pendingin.....	57
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK		59
7.1	Organisasi Perusahaan	59
7.1.1	Bentuk Perusahaan	59
7.1.2	Sistem Manajemen Perusahaan	59
7.2	Kebutuhan Karyawan	66
7.2.1	Status dan Penggolongan Jabatan Karyawan	66
7.2.2	Sistem Kerja Karyawan	66
7.2.3	Sistem Upah atau Gaji Karyawan.....	68
7.2.4	Kesejahteraan Sosial Karyawan	68
7.3	Tata Letak Pabrik.....	70
7.3.1	Tata Letak Pabrik.....	70
7.3.2	Tata Letak Peralatan	71
7.3.3	Rencana Pengembangan	72
BAB VIII EVALUASI EKONOMI		74
8.1	Perhitungan Biaya.....	76
8.1.1	<i>Total Fixed Capital Investment (FCI)</i>	76
8.1.2	<i>Working Capital</i>	76
8.1.3	<i>Manufacturing Cost</i>	76
8.1.4	<i>General Expenses</i>	77
8.2	Analisis Kelayakan	77
8.2.1	<i>Return On Investment (ROI)</i>	77
8.2.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	78
8.2.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	79
8.2.4	<i>Shut Down Cash Flow (SDP)</i>	79
8.2.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	80
BAB IX KESIMPULAN		81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN A		86
LAMPIRAN B		121
LAMPIRAN B		201
LAMPIRAN C		219

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut BPS	2
Gambar 2. Lokasi Sumber Bahan Baku	4
Gambar 3. Lokasi Pabrik	6
Gambar 4. Grafik Hubungan antara t dan $\ln CB/CA$	17
Gambar 5. Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$	18
Gambar 6. Diagram Alir Kualitatif.....	22
Gambar 7. Diagram Alir Kuantitatif.....	23
Gambar 8. Pengolahan Air dan Utilitas.....	58
Gambar 9. Struktur Organisasi perusahaan	65
Gambar 10. Tata Letak pabrik.....	71
Gambar 11. Tata Letak Peralatan Proses.....	73
Gambar 12. Grafik hubungan tahun dengan cost index	75
Gambar 13. Grafik BEP dan SDP	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Ekspor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut UNDATA	2
Tabel 2. Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut BPS	2
Tabel 3. Sumber Bahan Baku Utama	3
Tabel 4. Pabrik Asam Oksalat Di Negara Asia	4
Tabel 5. Data Ekspor Impor Beberapa Negara di Asia Tahun 2014 – 2019	5
Tabel 6. Jumlah Penduduk Beberapa Wilayah Tahun 2020.....	7
Tabel 7. Data UMK Beberapa Daerah Tahun 2021	8
Tabel 8. Pertimbangan Lokasi Pabrik.....	9
Tabel 9. Metode dan Perbandingan Parameternya	10
Tabel 10. Kelebihan dan Kekurangan Metode Proses.....	11
Tabel 11. Pengaruh Konsentrasi Terhadap Waktu pada Berbagai Temperatur	17
Tabel 12. Data Frekuensi Tumbukan dan Energi Aktivasi	17
Tabel 13. Data Entalpi dan Gibbs Pembentukan Komponen	18
Tabel 14. Neraca Massa Mixer 1	24
Tabel 15. Neraca massa Reaktor 1	25
Tabel 16. Neraca massa Centrifuge 1	25
Tabel 17. Neraca massa Evaporator 1	25
Tabel 18. Neraca massa Crystallizer 1	26
Tabel 19. Neraca massa Centrifuge 2.....	26
Tabel 20. Neraca massa Rotary Dryer 1	26
Tabel 21. Neraca massa Cooling Conveyor	26
Tabel 22. Koefisien Regresi Tiap Komponen	27
Tabel 23. Data Kapasitas Panas Tiap Komponen.....	28
Tabel 24. Neraca panas di sekitar Mixer 1	28
Tabel 25. Neraca panas di sekitar Heater 1	29
Tabel 26. Neraca panas di sekitar Heater 2	29
Tabel 27. Neraca panas sekitar Reaktor 1	29
Tabel 28. Neraca panas di sekitar Centrifuge 1	30
Tabel 29. Neraca panas di sekitar Heater 3	30
Tabel 30. Neraca panas di sekitar Evaporator 1	30
Tabel 31. Neraca panas di sekitar Kondensor	31
Tabel 32. Neraca panas di sekitar Cooler 1	31
Tabel 33. Neraca panas di sekitar Crystallizer 1	31

Tabel 34. Neraca panas di sekitar Cooler 2	31
Tabel 35. Neraca panas di sekitar Centrifuge 2	32
Tabel 36. Neraca panas di sekitar Heater Udara	32
Tabel 37. Neraca panas di sekitar Rotary Dryer 1	32
Tabel 38. Neraca panas di sekitar Cooling conveyor	32
Tabel 39. Kebutuhan air pendingin	44
Tabel 40. Kebutuhan air sanitasi	45
Tabel 41. Kebutuhan air untuk steam	45
Tabel 42. Kebutuhan air total	46
Tabel 43. Kebutuhan listrik untuk keperluan proses	49
Tabel 44. Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas	49
Tabel 45. Kebutuhan listrik total	50
Tabel 46. Jam Kerja Karyawan Non-shift	67
Tabel 47. Jam Kerja dan Pembagian Shift Karyawan Shift	67
Tabel 48. Upah dan Jumlah Karyawan	68
Tabel 49. Luas Bangunan Pabrik	70
Tabel 50. Chemical Plant Index Cost	75
Tabel 51. Total fixed capital investment	76
Tabel 52. Working capital	76
Tabel 53. Manufacturing cost	77
Tabel 54. General expenses	77
Tabel 55. <i>Fixed cost</i>	79
Tabel 56. <i>Variable cost</i>	79
Tabel 57. Regulated cost	79
Tabel 58. Analisis kelayakan ekonomi	81

INTISARI

Prarancangan pabrik asam oksalat dihidrat dari glukosa 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 12.842 m² yang akan didirikan pada tahun 2026, lokasi pabrik berada di Majalengka, Jawa Barat yang berdekatan dengan PT. Raya Sugarindo Inti dan PT. Nitrotama Kimia sebagai penyedia bahan baku utama. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri.

Proses pembuatan asam oksalat dihidrat berlangsung pada fase cair dengan menggunakan reaktor CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dengan kondisi tekanan 1 atm, suhu 68°C. Reaksi berlangsung secara *eksotermis, irreversible, dan non adiabatic*. Kebutuhan Glukosa sebesar 1098,2 kg/jam, Asam Nitrat sebesar 3056,6 kg/jam. Produk berupa Asam Oksalat Dihidrat sebesar 1.262,6 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan *generator set* sebesar 2435,5 kW sebagai cadangan, dan bahan bakar Minyak diesel (IDO) total sebanyak 1,62 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp445.524.185.247,92 dan modal kerja Rp55.650.948.281,51. Keuntungan sebelum pajak Rp86.446.605.027,52 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp60.512.623.519,26 pertahun. *Rate of Return on Investment* (ROROI) sebelum pajak sebesar 19,4% dan sesudah pajak sebesar 13,6%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 3,4 tahun dan setelah pajak selama 4,2 tahun, *Break Event Point* (BEP) sebesar 43,5%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27%, *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 8%. Dari segi data analisis ekonomi kelayakan dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci : asam oksalat dihidrat, *continuous*, glukosa, oksidasi karbohidrat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kebutuhan primer dan sekunder di Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan, salah satunya peningkatan kebutuhan asam oksalat terutama penggunaannya di bidang industri. Guna memenuhi kebutuhan asam oksalat 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 asam oksalat, 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 asam oksalat dihidrat.

Asam oksalat dihidrat merupakan asam kimia dengan rumus $C_2H_4O_2 \cdot 2H_2O$ turunan dari asam karboksilat dimana termasuk asam organik yang relatif lebih kuat 10.000 kali dibanding asam asetat dengan berat molekul 126,07 g/mol dan titik leleh 101,5°C, tidak berbau dan dapat kehilangan molekul air bila dipanaskan sampai temperatur 100°C (Retnawati *et al.*, 2017; Wulandari *et al.*, 2021). Asam oksalat dihidrat biasa digunakan sebagai pelapisan (*anodizing*), bahan pewarna tekstil, bahan kimia dalam fotografi, zat penetral alkali, *bleaching agent*, antiseptik luar, dan lain – lain (Mufid *et al.*, 2018; Sitompul *et al.*, 2018).

1.2 Kapasitas Rancangan

Analisis penentuan kapasitas produksi perancangan pabrik asam oksalat dihidrat dapat dilakukan berdasarkan pertimbangan faktor – faktor sebagai berikut.

1.2.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia

Berdasarkan *United Nations Data*, tercatat bahwa di Indonesia terdapat kegiatan ekspor untuk komoditas asam oksalat, garam, dan esternya pada tahun 2014 – 2018 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Ekspor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut UNDATA

Tahun	Komoditas	Kuantitas (Ton)	Keterangan
2014	Asam oksalat, garam, dan esternya.	5,006	Ekspor
2016	Asam oksalat, garam, dan esternya.	1,463	Ekspor
2017	Asam oksalat, garam, dan esternya.	1,200	Ekspor

(Sumber: United Nations Data, 2021)

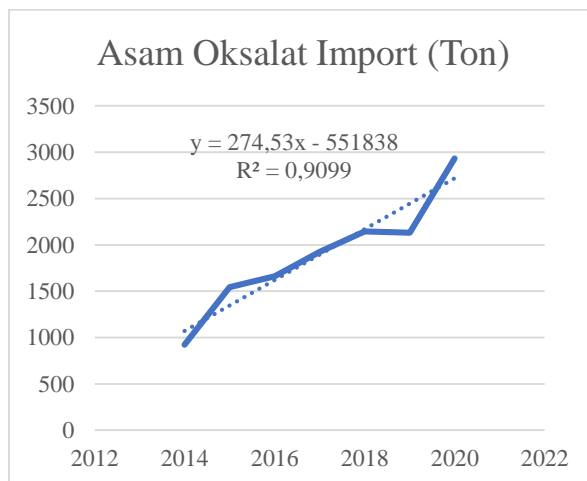
Selain itu, data impor asam oksalat dihidrat di Indonesia juga tercatat pada Badan Pusat Statistik (BPS), data impor tersebut tercantum pada tabel adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut BPS

Tahun	Kuantitas (Ton)
2014	921,959
2015	1.543,60
2016	1.661,93
2017	1.922,646
2018	2.145,223
2019	2.129,786
2020	2.932,375

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021)

Data ekspor dan impor asam oksalat dihidrat pada tabel tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia mengalami fluktuasi sesuai dengan permintaan pabrik dalam negeri. Disamping itu, dengan data impor yang mayoritas meningkat tiap tahunnya dapat dinilai bahwa Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan asam oksalat dihidrat dalam negeri sehingga hal ini dapat menjadi faktor pertimbangan dalam menentukan kapasitas rancangan. Berikut prediksi kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia pada tahun 2026 dengan menggunakan metode regresi linier berdasar pada data BPS.


Gambar 1. Grafik Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia Menurut BPS

Dari grafik tersebut diperoleh data R^2 mendekati 1 yaitu sebesar 0,9099 dengan persamaan $y = 274,53x - 551838$. Dari persamaan tersebut diperoleh hasil prediksi kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebagai berikut.

$$y = 274,53x - 551838$$

$$y = 274,53(2026) - 551838$$

$$y = 4.359,78 \text{ Ton/Tahun}$$

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

Dari perhitungan persamaan diatas, berdasarkan data impor asam oksalat dihidrat di Indonesia menurut BPS diprediksi bahwa kebutuhan pada tahun 2026 yaitu sebesar 4.359,78 ton/tahun. Oleh karena itu, pada tahun 2026 perancangan pabrik asam oksalat dihidrat di Indonesia dapat didirikan dengan kapasitas sebesar 10.000 ton/tahun dengan tujuan agar dapat memenuhi kebutuhan asam oksalat dihidrat dalam negeri, tidak ketergantungan produk impor, dan meningkatkan pendapatan ekspor melalui penjualan produk asam oksalat dihidrat.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

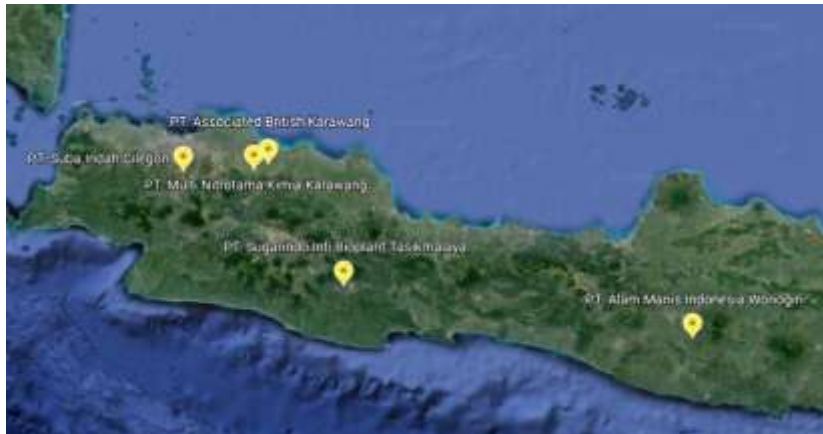
Selain data kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia, faktor lain yang mempengaruhi pertimbangan dalam menentukan kapasitas rancangan yaitu ketersediaan bahan baku pembuatan asam oksalat dihidrat. Ketersediaan bahan baku juga dianggap sebagai faktor penting karena perlu dipastikan bahwa bahan baku 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 di Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Sumber Bahan Baku Utama

No	Bahan Baku	Produsen	Lokasi	Kapasitas (Ton/tahun)
1.	Glukosa cair	PT. Suba Indah	Cilegon	82.500
2.	Glukosa cair	PT. Associated British Budi (ABB)	Karawang	72.000
3.	Glukosa cair	PT. Sugarindo Inti Bioplant	Tasikmalaya	30.000
4.	Glukosa cair	PT. Alam Manis Indonesia	Wonogiri	60.000
5.	Asam Nitrat	PT. Multi Nitrotama Kimia (MNK)	Karawang	100.000

Sumber: (Kementerian Perindustrian, 2016; *MSDS Glucose*, 2006; PT. Multi Nitrotama Kimia, 2021)

Sumber: (Google Earth Pro, 2021a)


Gambar 2. Lokasi Sumber Bahan Baku

1.2.3 Pabrik Asam Oksalat Dihidrat Yang Telah Berdiri

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

Tabel 4. Pabrik Asam Oksalat Di Negara Asia

Produsen Asam Oksalat	Lokasi	Kapasitas (TPA)
Wuhan Longtengyuan Chemicals Co.,Ltd	China	n.r
Cangzhou Zhengfei Chemical Products Co.,Ltd	China	n.r
Tianjin Yiruida Chemical Co.,Ltd	China	200.000
Tianjin Xinbei Chemical Co.,Ltd	China	60.000
Shenyang Damei Chemical Products Co.,Ltd	China	n.r
LongCheng Chemicals	China	n.r
Mudanjiang Fengda Chemicals Co.,Ltd	China	160.000
Shenyang Kairu Chemical.,Ltd	China	36.000
Youlian Chemical Co.,Ltd	China	100.000
Indian Oxalate Ltd	India	7200
Ultra Chemical Works	India	n.r

Produsen Asam Oksalat	Lokasi	Kapasitas (TPA)
Angel Chemicals Co.,Ltd	India	n.r
UBE Industries	Jepang	6000
Mitsubishi Gas Chemical	Jepang	12000

Sumber: (Indian Oxalate Ltd, 2003; Mudanjiang Fengda Chemicals Co., 2021; okchem, 2016; *Oxalic Acid Plant*, 2020); n.r-not reported.

Tabel diatas merupakan daftar pabrik asam oksalat 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 asam oksalat dihidrat di Asia dapat dilihat dari kegiatan ekspor dan impornya yang aktif tiap tahunnya pada tabel 5 yang menyajikan data kegiatan ekspor dan impor beberapa negara di Asia berikut ini.

Tabel 5. Data Ekspor Impor Beberapa Negara di Asia Tahun 2014 – 2019

Negara	Ekspor (TPA)	Impor (TPA)
Indonesia	7,669	8.195,362
Arab Saudi	2.895,75	1.203,946
Iran	0	1.566,429
Filipina	68,272	11.655
India	72.411,851	19.764,24
Jepang	2.905,118	45.209,575
Korea	6.477,265	36.659,508
Malaysia	190,545	37.592,51
Singapore	177,173	2.027,214
Rusia	173,415	19.992,631
Thailand	0	6.930,487
China	318.148,59	2.311,421

(Sumber: United Nations Data, 2021)

Berdasarkan tabel yang ada sesuai dengan *United Nations Data*, produsen asam oksalat dihidrat terbesar ditunjukkan dengan angka ekspor paling tinggi ada pada negara China, hal ini menunjukkan bahwa negara China mampu memenuhi kebutuhan asam oksalat dihidrat dalam negeri dan luar negeri. Selain negara China, tercatat angka impor beberapa negara lebih tinggi dibanding angka ekspor seperti pada tabel 6, sehingga diperlukan adanya pengadaan pabrik asam oksalat dihidrat agar dapat memenuhi permintaan kebutuhan asam oksalat dihidrat global. Mempertimbangkan adanya pabrik asam oksalat dihidrat 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 asam oksalat dihidrat ini akan didirikan di daerah Jatiwangi, 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, 2021b)



Gambar 3. 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 Djodipuro (Marsudi Djodipuro, 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 6. Jumlah Penduduk Beberapa Wilayah Tahun 2020

Wilayah	Umur	Laki – Laki	Perempuan	Penduduk
Jawa Barat	25 – 29	n.r	n.r	4.016.800
	30 – 34	n.r	n.r	3.863.400
TOTAL				7.880.200
Jawa Tengah	25 – 29	2.499.711	2.423.331	4.923.041
	30 – 34	2.315.704	2.357.366	4.673.070
TOTAL				9.596.112

Sumber: Statistics of Jawa Barat, 2022; Statistics of Jawa Tengah, 2021; Statistics Of Jawa Tengah, 2021; n.r -not reported.

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 2021 disajikan dalam tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Data UMK Beberapa Daerah Tahun 2021

Kabupaten/Kota	UMK 2021
Kab. Karawang	Rp4.798.312,00
Kota Tasikmalaya	Rp2.339.487,59
Kab. Tasikmalaya	Rp2.326.772,46
Kab. Majalengka	Rp2.009.000,00
Kab. Wonogiri	Rp1.827.000,00

Sumber: Sk Umk Jabar 2021, 2020; Sk Umk Jateng 2021, 2020

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

Tabel 8. Pertimbangan Lokasi Pabrik

Faktor Pengaruh	Kota/Kabupaten			
	Karawang	Tasikmalaya	Majalengka	Wonogiri
Sumber Bahan Baku Gula				
PT. ABB	40 KM	204 KM	123 KM	497 KM
Sumber Bahan Baku Asam Nitrat				
PT. MNK	30 KM	190 KM	120 KM	491 KM
(Poin)	10	7	8	1
SDM	7.880.200			9.596.112
(Poin)	7	7	7	9
Pemasaran Produk	Produk akan dipasarkan di dalam dan luar negeri. Untuk sasaran utama yaitu Pulau Jawa.			
(Poin)	8	8	8	8
Transportasi	Pelabuhan Tanjung Priok (73 KM)	Pelabuhan Tanjung Priok (265 KM)	Pelabuhan Patimban (115 KM)	Pelabuhan Tanjung Mas (140 KM)
(Poin)	9	5	8	8
Utilitas	Air didapat dari sumber terdekat dan suplai listrik dari PLN.			
(Poin)	8	8	8	8
Kebijakan UMK	Rp4.798.312,00	2.339.487,59	Rp2.009.000,00	Rp1.827.000,00
(Poin)	1	6	7	7
TOTAL POIN	43	41	46	41

1.4 Metode Proses

Pembuatan asam oksalat dihidrat 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 peleburan alkali, fermentasi glukosa, sintesis natrium formiat, dan oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat (Atikah, 2017).

Macam proses pembuatan asam oksalat yang pertama yaitu peleburan alkali. Proses ini biasanya menggunakan bahan baku yang mengandung selulosa tinggi, seperti serbuk gergaji, tongkol jagung, sekam padi, dan lain – lain. Selanjutnya macam proses yang kedua yaitu dengan cara fermentasi glukosa. Proses ini pertama kali ditemukan oleh Currie pada tahun 1917 yang mengklaim bahwa sejumlah *Aspergillus niger* memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam oksalat. Dalam proses ini, asam oksalat dihidrat merupakan suatu produk samping, sehingga hasil yang didapat sangat sedikit. Oleh karena itu, pembuatan

asam oksalat dihidrat dengan cara fermentasi tidak dapat diterapkan pada pabrik yang mana produk utamanya adalah asam oksalat dihidrat karena dinilai kurang menguntungkan dari segi ekonomi. Kemudian macam proses yang ketiga yaitu dengan cara sintesis natrium formiat. Dalam proses ini bahan yang digunakan antara lain Co, Ca(OH)₂, H₂SO₄, dan NaOH. Proses ini hanya menghasilkan kemurnian yang dianggap rendah, sehingga juga tidak tepat jika diterapkan pada pabrik yang mana produk utamanya yaitu asam oksalat dihidrat. Lain halnya dengan macam proses yang keempat yaitu oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat. Proses pembuatan ini sangat sering digunakan karena dinilai paling ekonomis, selain itu juga menghasilkan *yield* dan kemurnian yang tinggi sehingga dianggap menguntungkan jika diterapkan. Dalam proses ini, biasanya karbohidrat yang digunakan antara lain pati kentang, pati gandum, tapioca, maizena, gula, molasses, glukosa, fruktosa, dan lain – lain. Perbandingan parameter pembuatan asam oksalat dihidrat dari berbagai macam proses dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Metode dan Perbandingan Parameternya

Metode Proses	Parameter					
	Bahan Baku	Katalis	Temperatur Reaktor	Tekanan Reaktor	Kemurnian	Yield
Peleburan Alkali	Selulosa	-	150°C	1 Atm	63,311%	<45%
Sintesis Natrium Formiat	HCOONa	-	380°C	1 Atm	<50%	-
Fermentasi Glukosa	Glukosa	-	30°C	1 Atm	-	61%
Oksidasi Karbohidrat Asam Nitrat	Glukosa	V ₂ O ₅	60 – 70°C	1 Atm	99%	95 - 97%

Sumber: Atikah, 2017; Sethy, 2013; Utami *et al.*, 2018; Wulan *et al.*, 2021

Berdasarkan tabel diatas, proses oksidasi karbohidrat asam nitrat dinilai lebih unggul dibanding yang lainnya, dapat dilihat bahwa proses tersebut dapat dijalankan pada kondisi temperatur dibawah 100°C dan tekanan pada 1 atm namun dapat menghasilkan *yield* sebesar 95 – 97% dengan kemurnian 99%. Berikut dicantumkan pula kelebihan dan kekurangan metode proses pada tabel 10.

Tabel 10. Kelebihan dan Kekurangan Metode Proses

Metode Proses	Kelebihan	Kekurangan
Peleburan Alkali	Bahan baku murah dan mudah didapat.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatur proses tinggi sehingga biaya perawatan/pengadaan lebih tinggi. 2. Konversi yang diperoleh rendah. 3. Modal awal yang diperlukan cukup besar.
Sintesis Natrium Formiat	Bahan baku murah.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kemurnian produk kurang dari 50%. 2. Temperatur proses tinggi sehingga biaya perawatan/pengadaan lebih tinggi. 3. Memerlukan waktu 3 – 4 hari untuk menyelesaikan satu rangkaian proses. 4. Memerlukan modal awal yang cukup besar.
Fermentasi Glukosa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan baku glukosa mudah didapat. 2. Proses dilakukan pada temperatur 30°C. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Memerlukan waktu 7 – 8 hari untuk menyelesaikan satu rangkaian proses. 4. Proses rentan terkontaminasi dengan bakteri atau fungi lainnya. 5. Asam oksalat merupakan produk samping.
Oksidasi Karbohidrat Asam Nitrat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konversi dan kemurnian asam oksalat yang didapat tinggi. 2. Bahan baku mudah didapat. 3. Memerlukan waktu 2 – 3 jam untuk menyelesaikan satu rangkaian proses. 4. Temperatur proses tidak lebih dari 100°C sehingga biaya perawatan/pengadaan rendah. 	Memerlukan katalis untuk menghasilkan produk.

 Sumber: Atikah, 2017; Sethy, 2013; Utami *et al.*, 2018; Wulan *et al.*, 2021

Oleh karena kelebihan dan kekurangan dari masing – masing metode proses, maka metode proses yang diterapkan pada pabrik pembuatan asam oksalat dihidrat ini yaitu metode proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat.

1.5 Tinjauan Pustaka

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan asam oksalat dihidrat yaitu glukosa dan asam nitrat serta vanadium pentaoksida sebagai katalisnya. Glukosa berbentuk cair tidak berwarna memiliki rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ dengan berat molekul 198,17 g/mol, *specific gravity* 1,562 g/cm³, titik leleh 150°C, titik beku 146 °C, titik didih 527°C, dan larut dalam air (Green & Perry, 2008).

Asam nitrat berbentuk cair tidak berwarna memiliki rumus molekul HNO_3 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 alcohol (Green & Perry, 2008).

Vanadium pentaoksida berbentuk serbuk kristal berwarna merah kekuningan memiliki rumus molekul V_2O_5 dengan berat molekul 181,9 g/mol, *specific gravity* 3,357 g/cm³, titik leleh 800°C, titik didih 1750°C, titik beku 690 °C, dan sukar larut dalam air dingin, tidak larut dalam air panas, tidak larut dalam alcohol, serta larut dalam NH_3 encer, Na_2CO_3 , NaOH, dan asam seperti nitrat atau sulfat (Green & Perry, 2008).

Sedangkan untuk produk asam oksalat berbentuk serbuk kristal jarum tidak berwarna memiliki rumus molekul $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ dengan berat molekul 126,07 g/mol, *specific gravity* 1,653 g/cm³, titik leleh 101,5 °C, apabila temperatur lebih dari itu maka akan menyublim, titik beku 189,5 °C, dan larut dalam air (Green & Perry, 2008).

Pembuatan asam oksalat dihidrat dari glukosa dan asam nitrat dengan reaksi oksidasi dibantu oleh katalis vanadium pentaoksida dimana dalam prosesnya menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Proses reaksi berlangsung pada fase cair – cair, *reversible*, eksotermik, bersifat isothermal pada temperatur 68°C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan mol 1:6 (Simpson, 1936).

Konsentrasi larutan glukosa yang digunakan antara 55 – 60% yang kemudian diumpankan ke dalam reaktor yang sebelumnya telah diatur temperturnya pada 65 – 71°C dan asam nitrat ditambahkan secara perlahan sehingga terjadi sebuah reaksi oksidasi yang menghasilkan asam oksalat setelah 1 jam. Selama proses berlangsung, temperatur harus dijaga pada 65 – 71°C. Gas NO hasil samping dari reaksi dibuang melalui

pipa pembuangan sedangkan produk hasil reaksi kemudian melewati proses kristalisasi dan pemisahan dengan filter. Kemudian asam oksalat dilarutkan dengan air panas dan dipisahkan dengan *mother liquor*. proses kristalisasi dan filtrasi dilakukan sebanyak dua kali guna mendapatkan produk asam oksalat murni. Agar diperoleh produk yang maksimal, residu dari proses filtrasi melewati proses evaporasi, kristalisasi, dan filtrasi. Setelah melewati serangkaian proses tersebut, produk dikeringkan hingga diperoleh kemurnian 99%. Pengontrolan yang tepat pada saat tahap pereaksian merupakan parameter yang sangat penting guna mendapatkan *yield* dan kemurnian yang baik (Simpson, 1936).