

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT
DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :
Kristianingrum Putri Wulandari
23170315D

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

LEMBAR PERSETUJUAN

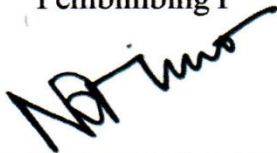
LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT
DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**

**Disusun Oleh :
KRISTIANINGRUM PUTRI WULANDARI
231703155D**

Telah disetujui oleh Pembimbing
Pada tanggal

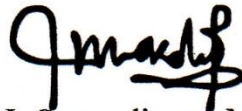
Pembimbing I



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

NIS. 01199609021057

Pembimbing II



Ir. Sumardiyono, M.T.

NIS. 01199403231041

Mengetahui,

Ketua Program Studi



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

NIS. 01201407261183

LEMBAR PENGESAHAN**LAPORAN TUGAS AKHIR****PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT
DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**

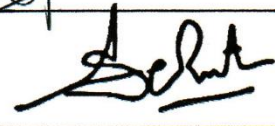
Disusun Oleh :
KRISTIANINGRUM PUTRI WULANDARI
23170315D

Telah dipertahankan dalam ujian laporan pada tanggal.....


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



2. Dewi Astuti Herawati, ST.,M.Eng



3. Dr. Narimo S.T., M.M.



4. Ir. Sumardiyono, M.T.



Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi




Dr. Drs. Suseno, M.,Si

NIS. 01199408011044



Gregorius Prima Indra B., S.T., M.Eng

NIS. 01201407261183

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Ora et Labora

Bersyukurlah kepada Tuhan, sebab Ia baik, (1 Tawarikh 16:34)

Terima kasihku untuk. . . .

Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria, segala puji syukur kupersembahkan hanya kepada-Mu, Engkau telah mengkaruniai Roh Kudus untuk membimbingku dalam setiap perjalananku menyelesaikan skripsi ini hingga sampai pada selesainya masa studi ini.

Ayah Yosef dan Mama Anti, terima kasih untuk seluruh kasih yang diberikan, kesabaran dan dukungannya dalam perjalanan kuliah S1 ini. Terimakasihku tidak terhingga semoga dengan awalan ini anakmu bisa menjadi garam serta terang bagi orang lain.

Pak Narimo dan Pak Dion, terima kasih atas bimbingannya selama pembuatan serta penyusunan tugas akhir ini.

Pak Greg, Bu Dewi, Pak Supri, dan semua Dosen Tekkim USB., terimakasih atas ilmu, saran, dan bimbingannya, juga pembelajaran yang kalian berikan selama kuliah, atas kesediaan waktu untuk selalu mendengarkan keluhan kesah kami dan memberikan kami pengalaman yang berharga.

Semua Keluarga dan Saudara-Saudara ku, terimakasih telah mendukungku dan tidak lelah terhadapku.

Untuk Partnerku, terimakasih juga telah menemani keluhan kesahku setiap hari dan sepanjang waktu.

Semua Teman-teman seperjuangan TEKIM USB 2017, jangan kendur semangat selalu. Kita semua bisa dan ada saatnya dimana Tuhan menaikkan kita.

Untuk semua pihak yang telah membantu dan memberi semangat, terima kasih atas bantuannya, mohon maaf tidak dapat disebutkan secara satu per satu.

Mazmur 28:6-7 Terpujilah Tuhan, karena Ia telah mendengar suara permohonanku. Tuhan adalah kekuatanku dan perisaiku, kepada-Nya

hatiku percaya. Aku tertolong sebab itu beria-ria hatiku, dan dengan nyanyianku aku bersyukur kepada-Nya.

Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for, for never quitting.

I wanna thank me for always being a giver. And tryna give more than I receive. I wanna thank me for tryna do more right than wrong. I wanna thank me for just being me at all times

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan segala rahmat berlimpah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik. Tak lupa damai sejahtera dari Tuhan Yesus Kristus menyertai keluarga, sahabat dan seluruh umatNya.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Asam Oksalat Dihidrat dari Glukosa dan Asam Nitrat kapasitas 8.000 Ton/Tahun**. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran untuk merancang sistem proses atau produk kimia, kemampuan untuk mengidentifikasi, memformulasi, dan menyelesaikan masalah-masalah teknik serta dalam penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria karena telah memberikan penyertaan Roh Kudus untuk membimbing langkah dalam penulisan skripsi ini.
2. Babeh B.M Yosef dan Mamam Christiana P.H tercinta atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan dan untaian doanya yang tak pernah henti-hentinya memberikan dukungannya kepada penulis serta semua yang terbaik yang telah diberikan kepada penulis selama ini, kalianlah sumber motivasiku.
3. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dr. Drs. Suseno, M.,Si., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
5. Gregorious Prima Indra Budianto ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.

6. Dr. Narimo S.,T M.,M selaku pembimbing I, yang dengan kesabarannya telah memberikan bimbingan kepada penulis hingga terselesainya tugas akhir ini.
7. Ir. Sumardiyono, M.T., selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
8. Dr. Supriyono, S.T.,M.T. dan Ir. Dewi Astuti H, S.T.,M.Eng., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
9. Bapak dan Ibu dosen dan seluruh jajaran staff jurusan teknik kimia, terimakasih atas ilmu, bimbingan dan bantuannya selama kuliah.
10. Partnerku yang sungguh mengesalkan dan menemaniku dalam segala hal, terimakasih.
11. Teman - teman seperjuangan Teknik Kimia 2017 terimakasih dalam suka duka yang kita lalui bersama.
12. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 12 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Pabrik yang Dituju.....	2
1.3 Kapasitas Rancangan.....	2
1.3.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada.....	4
1.3 Lokasi Pabrik.....	5
1.3.1 Faktor Primer	5
1.3.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	5
1.4 Macam – Macam Proses	8
1.4.1 Peleburan selulosa dengan alkali	8
1.4.2 Oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat.....	8
1.4.3 Fermentasi	9
1.4.4 Sintesa sodium format	9
1.5 Kegunaan Produk	10
1.6 Tinjauan Pustaka	11
1.6.1 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk.....	11
1.6.2 Proses Pembuatan yang dipilih	13
BAB II SPESIFIKASI BAHAN.....	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	18
2.1.1 Glukosa.....	18
2.1.2 Asam Nitrat	18
2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu	18
2.1.1 Vanadium Pentoksida	18
2.3 Spesifikasi Produk.....	19
BAB III DESKRIPSI PROSES.....	20
3.1 Langkah – langkah Proses.....	20
3.1.1 Tahap penyimpanan bahan baku	20
3.1.2 Tahap pembentukan produk	20
3.1.3 Tahap pemurnian dan penyimpanan produk	21
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	24
4.1 Neraca Massa	24
4.2. Neraca Panas	27

BAB V SPESIFIKASI ALAT	33
5.1 Silo Penyimpanan HNO ₃	33
5.2 Silo Penyimpanan C ₆ H ₁₂ O ₆	33
5.3 Mixer	34
5.4 Reaktor	34
5.5 Evaporator	35
5.6 Kristalizer	35
5.7 Centrifuge I.....	36
5.8 Centrifuge II	36
5.9 Rotary Dryer.....	36
5.10 Heater Udara.....	37
5.15 Blower	39
5.16 Bucket Elevator 1	39
5.18 Pompa-01.....	42
5.19 Pompa-02.....	42
5.20 Pompa-03.....	42
5.21 Pompa-04.....	43
5.22 Pompa-05.....	43
5.23 Pompa-06.....	43
5.24 Pompa-07.....	44
5.25 Pompa-08.....	44
5.26 Pompa-09.....	44
BAB VI UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS)	45
6.1. Unit Pendukung Proses (Utilitas)	45
6.1.1. Unit Penyediaan Air	46
6.1.2. Unit Sanitasi	48
6.1.3 Unit pengadaan steam	49
6.1.4 Unit pengadaan air pendingin	50
6.1.5 Unit Pengadaan Listrik.....	50
6.1.6 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	53
6.1.7 Unit Penyediaan Udara Tekan	53
6.1.8 Unit Pengolahan Limbah.....	53
6.2 Laboratorium	54
6.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja	56
6.4 Alat – Alat Utilitas	57
6.4.1 Filter.....	57
6.4.2 Bak Pengendapan Awal.....	57
6.4.3 Flokulator / Bak Penggumpal.....	57

6.4.4 Clarifier	57
6.4.5 Tangki Larutan Alum	57
6.4.6 Sand Filter.....	58
6.4.7 Bak Penampung Sementara	58
6.4.8 Tangki Karbon Aktif	58
6.4.9 Tangki Kaporit.....	58
6.4.10 Tangki Air Bersih	58
6.4.11 Kation Exchanger	59
6.4.12 Tangki H ₂ SO ₄	59
6.4.13 Anion Exchanger	59
6.4.14 Tangki NaOH	59
6.4.15 Deaerator	59
6.4.16 Bak Penampung Air Umpan Boiler	60
6.4.17 Boiler	60
6.4.18 Blower	60
6.4.19 Cooling Tower	60
6.4.20 Bak Penampung air Pendingin	60
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	63
7.1 Bentuk Perusahaan	63
7.1.1 Sistem Manajemen Perusahaan.....	63
7.2 Struktur Organisasi.....	64
7.2.1 Pemegang Saham	64
7.2.2 Dewan Komisaris	67
7.2.3 Direktur	67
7.2.4 Staf Ahli dan Litbang	67
7.2.5 Kepala Bagian	68
7.2.6 Karyawan	67
7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	69
7.3.1 Sistem Kepegawaian	69
7.3.2 Sistem Gaji.....	70
7.3.3 Pembagian Jam Kerja Karyawan	72
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	73
7.5 Manajemen Produksi.....	76
7.5.1 Perencanaan Produksi	76
7.5.2 Pengendalian Proses.....	78
7.6 Tata Letak (<i>Lay Out</i>) Pabrik.....	79
7.7 Tata Letak Peralatan.....	82
BAB VIII EVALUASI EKONOMI	86

8.1	Perhitungan Biaya	88
8.2	<i>Total Fixed Capital Investment</i>	90
8.3	<i>Working Capital</i>	90
8.4	<i>Manufacturing Cost</i>	90
8.5	<i>General Expenses</i>	91
8.6	Analisis Ekonomi	91
8.6.1	<i>Return On Investment (ROI)</i>	91
8.6.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	92
8.6.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	92
8.6.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	93
8.6.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	94
BAB IX KESIMPULAN		96
DAFTAR PUSTAKA		97

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia	2
Tabel 2 Produsen asam nitrat dan glukosa di Indonesia.....	4
Tabel 3. Data Pabrik asam oksalat dihidrat beserta kapasitasnya	4
Tabel 4. Perbandingan Parameter Pembuatan Asam Oksalat Dihidrat ...	9
Tabel 5. Entalphi Pembentukan Komponen	14
Tabel 6. Neraca massa disekitar mixer-01.....	24
Tabel 7. Neraca massa disekitar reaktor-01.....	25
Tabel 8. Neraca massa sekitar evaporator 01	25
Tabel 9. Neraca massa sekitar kristalizer 01	25
Tabel 10. Neraca massa sekitar centrifuge 01	26
Tabel 11. Neraca massa sekitar centrifuge 02	26
Tabel 12. Neraca Massa sekitar rotary dryer 01	26
Tabel 13. Neraca massa sekitar cooling conveyer 01	27
Tabel 14. Konstanta kapasitas panas	27
Tabel 15. Data kapasitas panas masing masing komponen.....	28
Tabel 16. Neraca panas sekitar mixer 01.....	29
Tabel 17. Neraca panas sekitar reaktor 01.....	29
Tabel 18. Neraca panas sekitar evaporator 01	30
Tabel 19. Neraca panas sekitar CL - 01.....	30
Tabel 20. Neraca panas sekitar kristalizer 01	31
Tabel 21. Neraca panas sekitar centrifuge 01.....	31
Tabel 22. . Neraca panas sekitar centrifuge 02.....	31
Tabel 23. Neraca panas sekitar rotary dryer 01	32
Tabel 24 Neraca panas sekitar heater udara	32
Tabel 25 Kebutuhan air pendingin	46
Tabel 26 Kebutuhan air sanitasi	47
Tabel 27 Kebutuhan air untuk steam.....	48
Tabel 28 Kebutuhan air total	48
Tabel 29 Kebutuhan air make up.....	48
Tabel 30 Konsumsi listrik untuk keperluan proses	50
Tabel 31 Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas	52
Tabel 32 Daftar gaji karyawan	71
Tabel 33 Pembagian shift karyawan.....	73
Tabel 34 Luas bangunan pabrik	81
Tabel 35 <i>Cost index chemical plant</i>	87
Tabel 36 <i>Total fixed capital investment</i>	90

Tabel 37 <i>Working capital</i>	90
Tabel 38 <i>Manufacturing cost</i>	90
Tabel 39 <i>General expenses</i>	91
Tabel 40 <i>Fixed cost</i>	92
Tabel 41 <i>Variable cost</i>	93
Tabel 42 <i>Regulated cost</i>	93

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Grafik Impor Asam Oksalat Dihidrat.....	3
Grafik 2 Grafik hubungan tahun dengan cost index.....	87
Grafik 3 Grafik BEP dan SDP	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pemilihan Lokasi Pabrik (Peta Kota Tasikmalaya, 2021)	7
Gambar 2. Diagram alir kualitatif.....	22
Gambar 3. Diagram alir kuantitatif.....	23
Gambar 4 Tata letak pabrik	82
Gambar 5 Tata letak peralatan pabrik.....	85

INTISARI

Prarancangan pabrik asam oksalat dihidrat dari glukosa dan asam nitrat merupakan peluang yang sangat cerah dalam dunia perindustrian mengingat belum adanya pabrik yang memproduksi di dalam negeri yaitu Indonesia. Pabrik tersebut direncanakan akan beroperasi selama 330 hari/tahun diatas area sebesar 9.911 m² yang akan didirikan pada tahun 2026, lokasi pabrik berada di Tasikmalaya, Jawa Barat yang berdekatan dengan PT. Raya Sugarindo Inti dan PT. Nitrotama Kimia sebagai penyedia bahan baku utama. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 8.000 ton/tahun, dengan segala pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan di 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 71°C. Reaksi berlangsung secara *eksotermis*, *irreversible*, dan *non adiabatic*. Alur proses pembuatan asam oksalat dihidrat disarankan agar lebih baik apabila pemisahan katalis menggunakan *filter drum* setelah *evaporator*. Kebutuhan Glukosa sebesar 437,5028 kg/jam, Asam Nitrat sebesar 929,2 kg/jam. Produk berupa Asam Oksalat Dihidrat sebesar 1.010,1 kg/jam. Untuk menunjang proses produksi, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan make up sebesar 4465,32 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan *generator set* sebesar 300 kW sebagai cadangan, bahan bakar Minyak diesel (IDO) total sebanyak 0,04478 m³/jam dan udara tekan sebesar 40 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp 196.490.830.333,52 dan modal kerja Rp 60.926.010.512,26. Keuntungan sebelum pajak Rp 48.434.657.659,66 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 33.904.260.361,90 pertahun. *Rate of Return on Investment* (ROROI) sebelum pajak sebesar 25% dan sesudah pajak sebesar 17%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 3 tahun dan setelah pajak selama 4 tahun, *Break Event Point* (BEP) sebesar 42%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 15%, *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 7,88%. Dari segi data analisis ekonomi kelayakan dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata kunci : Asam Oksalat Dihidrat, *Continuous Stirred Tank Reactor*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pertumbuhkembangan pabrik salah satu bagian dari upaya memasuki pembangunan jangka panjang dengan tujuan untuk menciptakan struktur ekonomi yang kuat dan seimbang. Struktur dan fokus pada industri maju yang didukung oleh sektor pertanian yang tangguh adalah dua contohnya. Indonesia diarahkan untuk memperbaiki struktur ekonominya, seperti pembangunan industri, sebagai negara berkembang. bersamaan dengan tujuan pembangunan sektor industri, yaitu berusaha meningkatnya nilai hasil negara. Namun demikian, Indonesia tetap merupakan negara yang mendapatkan barangnya dari negara lain. Ketergantungan Indonesia pada industri luar negeri dapat dikurangi dengan mengembangkan industri kimia yang menghasilkan produk antara, yang pada gilirannya akan mengurangi jumlah uang yang dikeluarkan untuk mengimpor bahan-bahan tersebut dalam mata uang asing. Asam oksalat dihidrat adalah salah satunya. Bahan baku pembuatan asam oksalat dihidrat ($C_2H_2O_4$) adalah Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan asam nitrat (HNO_3). Asam oksalat dihidrat ($C_2H_2O_4$) merupakan turunan dari asam karboksilat dimana termasuk asam organik yang lebih kuat dibanding asam asetat.

Asam ini adalah jenis asam yang tersedia di pasaran. Ini memiliki rumus $C_2H_4O_2 \cdot 2H_2O$, memiliki berat molekul 126,07 kg/mol, titik leleh $101,5^\circ C$, tidak berbau, dan dapat kehilangan molekul air ketika dipanaskan hingga $100^\circ C$. (Wulandari et al., 2021; Retnawati et al., 2017).

Dengan banyaknya industri yang memanfaatkan asam oksalat dihidrat, permintaan Indonesia terhadap asam oksalat diperkirakan akan terus meningkat. Akibatnya, pabrik ini perlu dibangun untuk memenuhi sebagian besar permintaan negara akan asam oksalat dihidrat dan menciptakan lapangan kerja baru.

Kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan semakin banyaknya perusahaan yang memanfaatkannya, maka landasan produksi asam oksalat dihidrat diharapkan dapat memenuhi sebagian besar minat dalam negeri dan demikian pula sebaliknya. diharapkan memiliki opsi untuk membuka lapangan kerja baru.

1.2 Pabrik yang Dituju

Beberapa pabrik yang terdapat di daerah Jawa dengan penggunaan asam oksalat dihidrat, diantaranya :

Bahan pencampur zat warna :

- a. PT. Indaco Warna Dunia
- b. PT. A.w *Faber-castell* Indonesia

Pencuci Getah :

- a. Pabrik Gondorukem dan Terpentin

Asam Pencuci untuk Menghilangkan Kotoran :

- a. PT Rachibi Leather

Pewarna Kain :

- a. PT. Tiga Manunggal *Synthetic Industries*

1.3 Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas produksi perancangan pabrik Asam Oksalat Dihidrat, berdasarkan analisa pasar sebagai penentu kapasitas pabrik adalah hal yang sangat dibutuhkan serta didasarkan pada faktor-faktor sebagai berikut:

1.3.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, 2021, kebutuhan impor asam oksalat dihidrat di Indonesia pada tahun ke tahun relatif tidak konstan tergantung kebutuhan pabrik di Indonesia. Data impor asam oksalat dihidrat di Indonesia disajikan pada tabel 1 berikut:

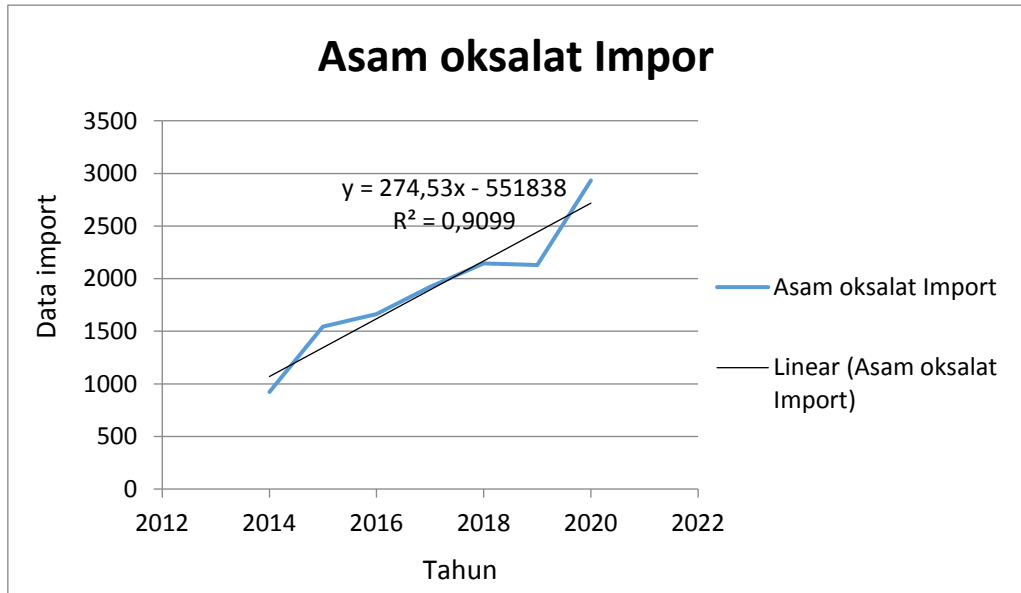
Tabel 1. Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia

Tahun	Asam oksalat Import
2014	921.959
2015	1543.60
2016	1661.93
2017	1922.646
2018	2145.223
2019	2129.786
2020	2932.375

(<https://www.bps.go.id/>, 2021)

Berdasarkan data impor tersebut asam oksalat dihidrat terus mengalami kenaikan. Tabel tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam pendirian pabrik asam oksalat dihidrat di Indonesia. Sampai saat ini tidak adanya pabrik asam oksalat dihidrat di Indonesia. Jika kebutuhan asam oksalat dihidrat hanya dicukupi dari impor saja, hal tersebut dapat memberatkan

perekonomian ekspor-impor Indonesia. Untuk menentukan kapasitas perancangan pabrik dapat dilakukan dengan beberapa metode untuk memprediksikan kebutuhahn asam oksalat dihidrat pada tahun 2026. Berikut salah satu metode yaitu regresi linier yang dilakukan dengan data dari Badan Pusat Statistik, sebagai berikut :



Grafik 1 Grafik Impor Asam Oksalat Dihidrat

Dari grafik di atas didapatkan persamaan yang R^2 lebih mendekati 1 yaitu metode linier dengan $R^2 = 0.9099$ dan persamaan $y = 274.53x - 551838$. Dari persamaan tersebut didapatkan hasil perhitungan kebutuhan asam oksalat dihidrat sebagai berikut :

$$y = 274.53x - 551838$$

$$y = 274.53 (2026) - 551838$$

$$y = 4.359,78 \text{ ton /tahun}$$

dengan :

y merupakan data impor asam oksalat dihidrat di Indonesia sedangkan, x merupakan tahun kebutuhan asam oksalat dihidrat yang diinginkan di Indonesia

Dari perhitungan persamaan dapat dihitung besarnya impor asam oksalat dihidrat pada tahun 2026 adalah sebesar 4.359,78 ton /tahun. Sehingga pada tahun 2026 kapasitas perancangan pabrik Asam oksalat dihidrat dapat didirikan dengan kapasitas sebesar 8.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuat Asam oksalat dihidrat adalah Glukosa dan Asam Nitrat. Kebutuhan bahan baku pembuat asam oksalat dihidrat semua sudah tersedia di Indonesia sehingga tidak perlu dikhawatirkan dan dirasa sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan baku. Berikut daftar industri penghasil bahan baku di Indonesia, yang disajikan pada tabel

Tabel 2 Produsen asam nitrat dan glukosa di Indonesia

No.	Bahan baku	Produsen	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Glukosa	PG Ngadirejo, Kediri	6.250
2.	Glukosa	PT Gula Energi Nusantara	60
3.	Glukosa	PT Raya Sugarindo Inti, Tasikmalaya	30.000
4.	Glukosa	PT Industri Gula Glenmore	8.000
5.	Asam Nitrat	PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek	100.000

(<https://mnk.co.id>, 2021; PTPN X, 2021; Industri Gula Glenmore, 2021; Sugar Indo Bioplant, 2021)

1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada

Pada tabel di bawah ini dapat dilihat data kapasitas produksi pabrik asam oksalat dihidrat yang sudah berdiri sebagai berikut :

Tabel 3. Data Pabrik asam oksalat dihidrat beserta kapasitasnya

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
UBE Industries. Japan	6.000	(UBE Industries, LTD)
Mitsubishi Gas Chemical. Japan	12.000	(Mitsubishi Gas Chemical Company. Inc)

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
China, Taiwan, India, Korea, dan Spain	± 1.800	(Krik-Othmer, 1944; Weifang Taino Chemical Co., Ltd., n.d.; Uranus Chemicals Co., Ltd, n.d.; Chunbo, n.d.)
Oxaquim. Brazil	25.000	(Oxaquim, n.d.)

Dulu, Indonesia belum memiliki pabrik asam oksalat dihidrat. Karena biaya produksi asam oksalat dihidrat dari glukosa dan asam nitrat jauh lebih tinggi daripada biaya bahan baku, pembukaan pabrik asam oksalat dihidrat sangat menguntungkan dari sudut pandang ekonomi karena saat ini memiliki bahan baku yang berlimpah di dalam negeri. Oleh karena itu, diperlukan pendirian pabrik asam oksalat dihidrat di Indonesia. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan memperhitungkan pabrik

yang sudah berdiri di luar negeri, pabrik yang akan dibangun pada tahun 2026 ini direncanakan berkapasitas 8.000 ton per tahun.

1.4 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu aspek terpenting dalam pendirian pabrik agar operasional dapat terus berjalan. Lokasi pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain seberapa dekat pabrik dengan sumber bahan baku, pemasaran produk, transportasi, tenaga kerja, kawasan industri, ketersediaan air, dan lain-lain. Singkatnya, fokus utama perusahaan saat memilih lokasi pabrik adalah memaksimalkan manfaat teknis dan finansial. Selain itu, pabrik harus dibangun dengan mempertimbangkan lingkungan sekitar agar tidak mengganggu lingkungan dan menjaga manusia dan alam tetap aman.

Pabrik asam oksalat dihidrat direncanakan akan didirikan di Kecamatan Pancatengah Jawa Barat, di wilayah Tasikmalaya. Posisi suatu pabrik dalam persaingan dapat sangat dipengaruhi oleh lokasinya. Ada banyak variabel yang berperan, jadi tidak selalu mudah untuk menentukan dengan tepat lokasi pabrik. Lokasi yang ideal akan memberikan peluang untuk memperluas pabrik dan menghasilkan keuntungan jangka panjang. Faktor-faktor berikut dapat digunakan untuk memperhitungkan pertimbangan lokasi :

- a. Kemampuan mendapatkan bahan baku yang berkesinambungan dan dengan harga yang cukup murah.
- b. Kemampuan melayani konsumen dengan memuaskan.
- c. Kemudahan dalam mendapatkan tenaga karyawan.

Maka dari itu, ketika memilih lokasi pabrik, faktor primer dan sekunder harus sangat dipertimbangkan.

1.4.1 Faktor Primer

Komponen ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama industri kimia yang meliputi pembuatan dan peredaran barang-barang yang diatur menurut jenis dan kualitasnya yang merupakan komponen dari faktor primer (Bernasconi, et al., 1995)

- a. Penyediaan bahan baku dan katalis

Bahan baku adalah kebutuhan utama pembuatan suatu produk untuk keberlangsungan sebuah pabrik, sehingga lokasi bahan baku sangat diperhatikan. Bahan baku Glukosa didapatkan dari Klaten dan Semarang yaitu PT Gula Energi Nusantara, Tasikmalaya yaitu PT Raya Sugarindo Inti, dan PT

Industri Gula Glenmore di Banyuwangi. Sedangkan asam nitrat didapatkan dari PT Multi Nitrotama Kimia yang terletak di Cikampek. Letak antara pabrik dan sumber bahan baku yang terjangkau diharapkan agar penyediaan bahan baku didapat secara tercukupi, lancar, dan berkesinambungan.

b. Pemasaran produk

Tujuan dari pabrik dihidrat asam oksalat adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Mayoritas industri Indonesia masih terkonsentrasi di Jawa dan Indonesia bagian barat secara keseluruhan. Karena dekat dengan pelabuhan, sangat penting untuk memasarkan asam oksalat dihidrat dari Tasikmalaya, Jawa Barat. Ini membuat saluran distribusi pemasaran dan pengiriman lebih mudah keseluruh area pemasaran.

c. Sarana dan Transportasi

Baik pemasaran produk maupun penyediaan bahan baku membutuhkan sarana dan prasarana transportasi. Karena juga merupakan sarana transportasi utama di pulau Jawa, Tasikmalaya memiliki sarana transportasi darat dan laut yang sangat baik, juga memiliki rute yang melewati pelabuhan, sehingga lebih mudah untuk menjual produk di luar Jawa untuk membantu pertumbuhan industry dalam negeri.

d. Tenaga kerja

Ketersediaan pekerja yang berkompeten merupakan salah satu faktor penting guna menunjang kredibilitas suatu pabrik. Tasikmalaya, Jawa Barat merupakan tempat yang dimana banyak terdapat perguruan tinggi serta fasilitas pendidikan kejuruan yang mendidik tenaga-tenaga terampil yang siap terjun sehingga dapat memenuhi kualitas tenaga kerja yang terampil dan berpengetahuan luas, sehingga mampu memperlancar kinerja industri.

e. Utilitas

Media sarana pendukung seperti ketersediaan air, listrik dan sarana lainnya harus diperhatikan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Pemenuhan kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari PLN Tasikmalaya Kota dan generator sebagai cadangan bila PLN ada gangguan. Sedangkan kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai Cimedang.

1.4.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

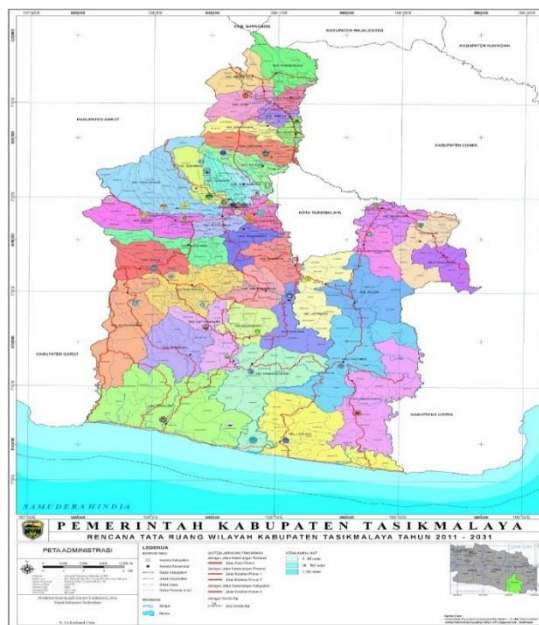
Yang termasuk ke dalam faktor sekunder antara lain adalah:

a. Karakteristik Lokasi

karakteristik lokasi yang berkaitan dengan iklim setempat, kemungkinan terjadinya banjir, dan kondisi sosial masyarakat. Dalam hal ini, variasi antara musim hujan dan musim kemarau relatif sedikit.

b. Kebijakan pemerintah dan peraturan daerah

Persyaratan fondasi lini produksi untuk fokus pada beberapa variabel intrik pemerintah yang terlibat dengannya. Strategi peningkatan modern dengan peruntukan setara pekerjaan membuka pintu, bantuan pemerintah dan hasil kemajuan. Selain itu, jalur produksi yang ditata harus kuat secara alami, dan itu menyiratkan bahwa keberadaan pabrik manufaktur tidak mengganggu atau mencoba merusak iklim secara umum. Kebijakan ini dibuat dengan tujuan kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut. Tinggi rendahnya nilai upah suatu daerah juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan menentukan lokasi pabrik agar faktor tersebut diharapkan mampu memenuhi tujuan awal. Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor di atas, maka lokasi pendirian asam oksalat dihidrat ditempatkan di Tasikmalaya, Jawa Barat.



Gambar 1. Pemilihan Lokasi Pabrik (Peta Kota Tasikmalaya, 2021)

1.5 Macam – Macam Proses

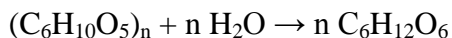
Pembuatan asam oksalat dihidrat dapat dilakukan dengan berbagai macam proses. Setiap proses menghasilkan *yield* dan kemurnian yang beragam sehingga hal ini juga dapat dijadikan sebagai salah satu parameter dalam menentukan prosesnya. Beberapa proses tersebut adalah peleburan logam alkali pada selulosa, oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat, fermentasi, dan sintesis sodium format (Atikah, 2017).

1.5.1 Peleburan selulosa dengan alkali

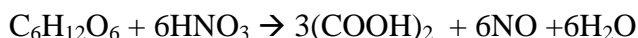
Proses ini melibatkan bahan alam sebagai bahan yang mengandung selulosa tinggi, misalnya serbuk gergaji, sekam, tongkol jagung, dan lain-lain. Bahan ini dilunakkan dengan natrium hidroksida dan juga kalium hidroksida pada suhu 240 - 2850C. Barang yang diperoleh ditanggapi dengan kapur untuk mengikat oksalat dengan kalsium. Produk ini kemudian ditanggapi dengan asam sulfat untuk membentuk asam oksalat. Kekurangan metode ini temperatur proses tinggi dan konversi yang dihasilkan rendah.

1.5.2 Oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat

Dalam proses ini glukosa yang diperoleh melalui proses hidrolisis pati atau *starch* yang kemudian direaksikan dengan asam nitrat. Karbohidrat yang dapat digunakan pada proses ini antara lain: gula, glukosa, fruktosa, maizena, pati gandum, pati kentang, tapioka, molasses, dan lain-lain. Karbohidrat dihidrolisis terlebih dahulu untuk mendapatkan glukosa dengan reaksi :



Glukosa yang diperoleh dicampurkan dengan larutan induk asam oksalat yang mengandung $\pm 50\%$ $H_2C_2O_4$ dan kemudian direaksikan dengan HNO_3 menggunakan katalis Reaksinya sebagai berikut :



Setelah didapatkan produk asam oksalat dihydrate, dilakukan penyaringan, pemisahan, dan pengkristalan. Konsentrasi asam oksalat yang dihasilkan mencapai 99 % sedangkan *yield* dapat mencapai 95 - 97 %. Proses pembuatan asam oksalat dengan metode ini dapat dilakukan secara batch

maupun kontinyu. Jika konsentrasi asam nitrat terlalu pekat, maka asam oksalat yang dihasilkan akan teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O . Reaksi yang terjadi : $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

1.5.3 Fermentasi

Currie pertama kali menemukan pada tahun 1917 bahwa sejumlah *Aspergillus niger* mampu menghasilkan asam oksalat melalui proses fermentasi. Bahan baku perlu diencerkan, disterilkan, dan difermentasikan terlebih dahulu. Karena merupakan produk sampingan sehingga sangat sedikit asam oksalat yang dihasilkan. Kekurangan metode ini rentan terkontaminasi dengan bakteri lain dan memakan waktu pengerjaan yang sangat lama

1.5.4 Sintesa sodium format

Skema proses asam oksalat dari natrium format menggunakan bahan baku seperti CO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2SO_4 , dan NaOH . Proses utama pembuatan asam oksalat meliputi:

- Pembuatan, pemurnian dan pengempaan gas
- Proses sintesis
- Proses pengolahan plumbite
- Proses pengasaman
- Pengkristalan dan pengeringan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

Kekurangan metode ini kemurnian produk kurang dari 50%, temperatur yang digunakan tinggi serta memerlukan modal awal yang cukup besar.

Tabel 4. Perbandingan Parameter Pembuatan Asam Oksalat Dihidrat

Macam Proses	Parameter					
	Bahan Baku	Katalis	Suhu Reaktor	Tekanan Reaktor	Kemurnian	Yield
Proses natrium format	HCOONa	-	380°C	1 atm	50%	-
Fermentasi	Glukosa	-	-	1 atm	-	-
Peleburan dengan alkali	Selulosa	-	285°C	1 atm	60%	<45%
Oksidasi dengan asam nitrat	Glukosa	V_2O_5	71°C	1 atm	99%	95-97%

Oleh kelebihan, kekurangan dan parameter dari masing-masing metode yang dapat diterapkan dalam pabrik terpilihlah proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat dengan berbagai pertimbangan sebagai berikut:

1. Teknik proses pembuatan paling ekonomis.
2. Suhu pengoperasi yang digunakan relatif rendah sehingga tidak diperlukan kalor yang berlebihan.
3. Yield dan kemurnian produk yang dihasilkan relatif tinggi

1.6 Kegunaan Produk

Berikut ini adalah kegunaan dari asam oksalat dihidrat dalam dunia industri, antara lain :

1. *Metal Treatment*

Asam oksalat digunakan sebagai elektrolit, dan lapisan aluminium oksida tipis terbentuk di permukaan aluminium. Lapisannya keras, tahan abrasi dan korosi. Selain asam oksalat, garam oksalat anorganik juga digunakan dalam pewarnaan lapisan anodik. Asam oksalat merupakan bahan pembersih yang digunakan untuk radiator otomotif, boiler, dan pelat baja sebelum fosfat. Sebagai agen pengkelat, asam oksalat membentuk kompleks yang larut dalam air pada permukaan logam selama pembersihan dan pembilasan.

2. *Bleaching Agent*

Dalam pemutihan pulp, asam oksalat berfungsi sebagai zat pemutih, tetapi sering digunakan bersama dengan zat pemutih lainnya karena biayanya yang relatif tinggi. Asam oksalat juga digunakan untuk pemutihan gabus, kayu (terutama kayu veneer), jerami, tebu, dan lilin alami.

3. *Textile Treatment*

Asam oksalat memiliki berbagai kegunaan dalam pembersihan kain, aplikasi zat warna, dan memodifikasi sifat kain selulosa. Noda karat, yang terbentuk pada kain selama menenun dan finishing, dihilangkan dengan aksi chelating asam oksalat dengan membentuk oksalat besi yang mudah dicuci dari kain. Di binatu, asam oksalat menetralkan alkalinitas berlebih. Ini juga melarutkan garam besi dan logam, yang dapat mengubah warna kain, dan membunuh bakteri. Dalam pencelupan wol mordan, asam oksalat digunakan sebagai zat pereduksi atau penguat. Asam oksalat dapat digunakan sebagai

katalis untuk ikatan silang bahan finishing tekstil dengan kain selulosa dalam pembuatan kain press permanen

4. *Leather Tanning*

Asam oksalat digunakan sebagai pengubah pH dalam penyamakan kulit oleh tanin dan kromium sulfat dasar. Ini juga berfungsi sebagai agen pemutih untuk kulit.

5. *Marble Polishing*

Asam oksalat digunakan untuk pemolesan marmer terutama di Italia. Ini tidak hanya menghilangkan urat besi dengan membentuk oksalat besi yang larut dalam air, tetapi juga berfungsi sebagai pembantu pemoles.

6. Lainnya

Asam oksalat digunakan untuk produksi kobalt, sebagai bahan baku berbagai bahan kimia pertanian dan farmasi, untuk pembuatan bahan elektronik, untuk ekstraksi tungsten dari bijih, untuk produksi katalis logam, sebagai inisiator polimerisasi, dan untuk pembuatan zirkonium dan berilium oksida.

1.7 Tinjauan Pustaka

Memanfaatkan reaktor aliran tangki berpengaduk (RATB), katalis Vanadium Pentoksida (V_2O_5) membantu reaksi yang mengarah pada pembentukan asam oksalat dihidrat. Pada suhu $71^\circ C$ dan tekanan 1,013 bar, reaksi eksotermik dan isothermal berlangsung dalam fase cair-cair.

Asam oksalat dihidrat larut dalam air dan beberapa pelarut polar lainnya seperti methanol, etanol, aseton, dan tetrahidroufan tetapi tidak larut dalam benzene, kloroform, dan petroleum eter. Sedangkan titik lebur asam oksalat berkisar antara $101-102^\circ C$ dalam bentuk kristal. Kelarutan asam dihidrat oksalat dihidrat dalam air meningkat seiring dengan meningkatnya suhu (Krik-Othmer, 1944)

Vanadium pentaoksida berbentuk serbuk kristal berwarna kuning orange memiliki rumus molekul V_2O_5 dengan berat molekul 181,9 g/mol, *specific gravity* $3,357 \text{ g/cm}^3$, titik leleh $800^\circ C$, titik didih $1750^\circ C$, titik beku $690^\circ C$, senyawa ini dapat bersifat sebagai katalis di dalam larutan. (Shafitri & Zainul)

1.7.1 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.7.1.1 Bahan Baku

1. Glukosa

Sifat Fisika dan Sifat Kimia :

Rumus molekul : $C_6H_{12}O_6$

Berat molekul : 180,16 g/mol

Spesific gravity : 1,47 g/cm³

Wujud : Cair

Kelarutan : sangat mudah larut dalam air, etanol dan ester.

Titik didih : 165°C

(Perry & Green, Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th, 1997)

2. Asam Nitrat

Sifat Fisika dan Sifat Kimia :

Berat molekul : 63,013 g/mol

Rumus molekul : HNO_3

Spesific gravity : 1,502 g/cm³

Wujud : cair

Warna : tidak berwarna

Bau : Menyegat

Kelarutan : larut sempurna dalam air, alkohol dan aseton

Titik didih : 86 °C

Titik lebur : -42 °C

(Perry & Green, Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th, 1997)

1.7.1.2 Katalis

1. Vanadium Pentaoksida

Sifat Fisika dan Sifat Kimia :

Berat molekul : 181,9 g/mol

Rumus molekul : V_2O_5

Spesific gravity : 3,357 g/cm³

Wujud : Serbuk

Warna : Orange

Bau : Tidak berbau

Kelarutan : 0.8 g/l 20°C

Titik didih : 1750 °C

Titik lebur : 690 °C

(Perry & Green, 1997)

1.7.1.3 Produk

Asam Oksalat Dihidrat

Sifat Fisika dan Sifat Kimia :

Berat molekul	: 126,07 g/mol
Rumus molekul	: $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$
<i>Specific gravity</i>	: 1,653 g/cm ³
Wujud	: Kristal Halus
Warna	: Putih
Titik didih	: Sublimasi
Titik lebur	: 101,5°C
ΔH_f (18°C)	: -1422 KJ/mol
Kadar	: 99%

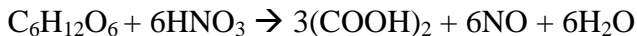
(Krik-Othmer, 1944)

1.7.2 Proses Pembuatan yang dipilih

1.7.2.1 Dasar Reaksi

Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu 71°C dan tekanan atmosferis dengan perbandingan mol 1:6. Reaksi bersifat *irreversible*, *eksotermis*, dan *isothermal*. Dalam proses ini dibantu oleh katalis *Vanadium Pentaoksida*. *Glukosa* akan masuk ke dalam reaktor. Sebelumnya reaktor telah mengalami pemanasan hingga suhu mencapai 71°C lalu asam nitrat ditambahkan secara perlahan ke dalam reaktor. Setelah terjadi reaksi produk berupa asam oksalat dipekatkan dan menguapkan HNO_3 , NO dan H_2O di *Evaporator*. Lalu hasil keluaran *Evaporator* akan mengalami proses pengkristalan di dalam *crystalizer*. Keluaran *crystalizer* akan masuk ke dalam *centrifuge I* untuk memisahkan asam oksalat dihidrat dengan katalis dan produk akan masuk kedalam *centrifuge II* untuk memisahkan asam oksalat dihidrat dengan *mother liquor*. *Mother liquor* tersebut akan di *recycle* ke dalam *mixed tank* dan bercampur dengan glukosa pada tahap awal proses. Proses pengeringan kristal asam oksalat dihidrat dilakukan dalam *rotary dryer*. Pengontrolan yang tepat pada saat tahap pereaksian merupakan parameter yang sangat penting guna mendapatkan *yield* dan kemurnian yang baik (Patent No. US 2057119, 1936)

Reaksi oksidasi antara glukosa dan asam nitrat adalah sebagai berikut :



1.7.2.2 Kondisi Proses

Pembentukan asam oksalat dihidrat dengan mereaksikan antara glukosa dengan asam nitrat menghasilkan reaksi yang bersifat *eksotermis*, *irreversible* dimana penurunan konstanta kesetimbangan ditunjukkan akibat dari kenaikan suhu. Suhu operasi pembentukan asam oksalat dihidrat yaitu 71°C dengan tekanan 1,013 bar.

1.7.2.3 Mekanisme Reaksi

Untuk menentukan sifat reaksi (*eksotermis/endotermis*) maka perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standard (ΔH_f°) pada 1 atm dari reaktan dan produk.

Tabel 5. Entalpi Pembentukan Komponen

Komponen	$\Delta G_f^\circ_{289}$ (Kkal/mol)	ΔH_f° (Kkal/mol)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-217,6	-304,7323
HNO_3	-19,05	-41,35
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	-166,17	-196,85
NO	20,719	21,6
H_2O	-56,6899	-68,3174

(Perry & Green, 1997; Ponomarev, 1960; Ullmann's, 2012)

Pada proses pembentukan asam oksalat dihidrat terjadi reaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{HNO}_3 &\rightarrow 3\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 + 6\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} \\ \Delta H_r^\circ_{298\text{K}} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + \Delta H_f^\circ \text{ NO} + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \\ &\quad \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3) \\ &= ((3 \times -196,85) + (6 \times 21,6) + (6 \times 68,3174)) \\ &\quad - ((-304,7323) + (6 \times -41,35)) \\ &= -541,3121 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

Data yang diperoleh $\Delta H_r^\circ_{298\text{K}}$ sebesar -541,3121 kkal/mol, Karena $\Delta H_r^\circ_{298\text{K}}$ negative maka reaksi bersifat eksotermis.

1.7.2.4 Tinjauan Kinetika

Secara kinetika reaksi pembentukan asam oksalat dihidrat akan bertambah besar dengan naiknya suhu. Reaksi pembentukan asam oksalat dihidrat dijalankan pada tekanan 1

atm, dengan tujuan agar larutan asam oksalat di dalam reaktor tetap dalam kondisi cair. Reaksi pembentukan asam oksalat dihidrat dengan perbandingan mol bahan baku 1:6 merupakan reaksi orde dua dengan waktu setengah jam reaksi (US Patent No. 2057119; Andaka, 2010)

Konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh tinggi rendahnya temperatur reaksi. Kenaikan temperatur suatu reaksi saat proses akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi tersebut.. Hal ini dapat ditinjau dari persamaan *Arhenius* dibawah ini :

$$k = Ae^{-E/RT}$$

dimana, k = konstanta kecepatan reaksi
 A = faktor eksponensial
 E = energi aktivasi
 R = konstanta gas umum
 T = temperature absolut

Besar kecilnya kecepatan reaksi dipengaruhi oleh harga k , dengan persamaan berikut ini :



Sehingga : $r = k.C_A.C_B - k'.C_C.C_D$

HNO_3 = 60%
 C_{bo} = 9,52 mol/l
 C_b = $C_{ao}(1-X_a)$
 C_b = 0,10 mol/l
 $C_6H_{12}O_6$ = 58%
 C_{ao} = 3,22 mol/l
 C_a = $C_{bo} - 1/6 * C_{ao} * X_a$
 C_a = 1,65 mol/l

$$k = 1.42 \times 10^3 e^{-3090/T} \quad (b)$$

(Froment & Bischoff, 1979)

T = $71^\circ C = 344K$
 X_a = 0,99
 k = 1,26 l/mol.mnt

Orde 2 (Levenspiel, 1999)

(-ra) = $k * C_a * C_b$
 M = $C_{bo} / C_{ao} = 2,96$

$$\int_0^{X_a} \frac{dX_a}{(1-X_a)(M-X_a)} = C_{ao} . k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{M - X_a}{M(1 - X_a)} / C_{ao} (M - 1)K$$

$$\ln \frac{2,96 - 0,99}{2,96(1 - 0,99)} / 3,22 (2,96 - 1)1,26$$

$$t = 0,5279 \text{ Jam}$$

$$t = 31,674 \text{ Menit}$$

1.7.2.5 Tinjauan Termodinamika

Reaksi hidrolisa asam oksalat dihidrat dengan proses oksidasi berlangsung menggunakan katalis dan reaksinya *irreversible*. Harga ΔG_r° untuk masing-masing komponen suhu 298K sebagai berikut :

Entalpi Pembentukan Komponen (Perry & Green, 1997)

Komponen	ΔG°_{289} (kKkal/mol)
$C_6H_{12}O_6$	-217,6
HNO_3	-19,05
$C_2H_2O_4$	-166,17
NO	20,719
H_2O	-56,6899



$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ_{298K} &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G_f^\circ C_2O_4H_2 + \Delta G_f^\circ NO + \Delta G_f^\circ H_2O) - (\Delta G_f^\circ C_6H_{12}O_6 \\ &\quad + \Delta G_f^\circ HNO_3) \\ &= (3 \times -166,17) + (6 \times 20,719) + (6 \times -56,6899) \\ &\quad - ((-217,6) + (6 \times -19,05)) \\ &= -382,435 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ &= -RT \ln K_1 \\ K_1 &= \exp - \frac{\Delta G}{RT} \\ K_1 &= \exp - \frac{382,435 \text{ kal/mol}}{1,987 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \times 298} \\ K_1 &= \exp^{(0,648)} \\ K_1 &= 1,9132 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d(\ln K_1)}{dT} &= \frac{-\Delta H_r}{RT^2} \\ \int_{K_1}^K d \ln K &= \int_{T_1}^{T_2} \frac{-\Delta H_r}{RT^2} dT \end{aligned}$$

$$\frac{\ln K}{K1} = -\frac{\Delta H_r}{RT^2} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\frac{\ln K}{K1} = -\frac{541,3121}{1,987} \left(\frac{1}{344} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\frac{\ln K}{1,9132} = 0,1222$$

$$\ln K = 0,2337$$

$$K = e^{0,2337}$$

$$K = 1,2632$$