



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

86811



PERPUSTAKAAN
ITS

TUGAS AKHIR - RK 0502

PABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT

RSK
661.2
we
p-1
2009

DYLLA CHANDRA WILASITA
NRP 2306 030 029

EMY JUNIYATI
NRP 2306 030 085

Dosen Pembimbing
Ir. Dyah Winarni Rahaju, MT

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	11-8-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	838

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - RK 0502

OXALIC ACID PLANT FROM BANANA PEEL WITH NITRIC ACID OXIDATION PROCESS

DYLLA CHANDRA WILASITA
NRP 2306 030 029

EMY JUNIYATI
NRP 2306 030 085

Supervisor
Ir. Dyah Winarni Rahaju, MT

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
Industry Technology Faculty
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2009

**PABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG
DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D III Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Dylla Chandra Wilasita
Emy Juniyati

(2306 030 029)
(2306 030 085)

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ir. Dyah Winarni R, MT
NIP. 131 459 284

SURABAYA, JULI 2009

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL: PABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



Ir. Dyah Winarni R ,MT
NIP. 131 459 284

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
DIII Teknik Kimia FTI-ITS

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 131 652 208



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 131 844 454

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada tanggal 14 Juli 2009, dengan judul "PABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT", yang disusun oleh :

Dylla Chandra Wilasita
Emy Juniwati

(2306 030 029)
(2306 030 085)

Mengetahui / menyetujui
Dosen Penguji



Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 131 652 208



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 131 844 454

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 131 844 454



Ir. Dyah Winarni R., MT
NIP. 131 459 284

PABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT

Nama Mahasiswa : Dylla Chandra Wilasita (2306 030 029)
Nama Mahasiswa : Emy Juniyati (2306 030 085)
Jurusan : DIII Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Dyah Winarni R, MT

Abstrak

Pabrik Asam Oksalat ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia akan Asam Oksalat. Asam Oksalat merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai bahan pemucat pada industri penyamakan kulit, bahan pembersih logam, pemutih pada industri tekstil dan industri pulp. Produk Asam Oksalat dibuat dari kulit pisang dengan proses sebagai berikut: (1) Tahap Pre-Treatment, karbohidrat (kulit pisang) dihidrolisa menjadi glukosa; (2) Tahap Proses Reaksi, glukosa dioksidasi menjadi asam oksalat; (3) Tahap Pemurnian, asam oksalat dimurnikan menjadi 99.8% kristal asam oksalat dihidrat. Produk yang dihasilkan adalah asam oksalat dihidrat yang mengandung 71,42% berat asam oksalat anhidrat dan 28,38% berat air. Bahan baku yang digunakan adalah Kulit Pisang. Dengan kapasitas produksi 14842 kg/hari, dibutuhkan kulit pisang dengan kapasitas 50.000 kg/hari. Pabrik asam oksalat ini direncanakan beroperasi kontinyu selama 24 jam/hari dan 330 hari operasi/tahun. Kebutuhan utilitas untuk pabrik asam oksalat ini adalah, 66 m³/hari air sanitasi, 3898,497 m³/hari air pendingin, 1,7427 m³/hari air proses, dan 23,7314 m³/hari air umpan boiler, serta 3989,9711 m³/hari total air make up.

Kata kunci : *Asam Oksalat, Kulit Pisang, Proses Oksidasi Asam Nitrat*

OXALIC ACID PLANT FROM BANANA PEEL WITH NITRIC ACID OXIDATION PROCESS

Student Name : Dylla Chandra Wilasita (2306 030 029)
Student Name : Emy Juniyati (2306 030 085)
Department : DIII Chemical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Ir. Dyah Winarni R, MT

Abstract

Oxalic Acid Plant is planned to meet a requirement of oxalic acid for Indonesian. Oxalic Acid is an important chemical generally used as a reagent for leather tanning industry, a metal cleaner, a whitening agent at textile and pulp industry. Oxalic Acid is made of banana peel with a process as follows: (1) In the pre-treatment section, carbohydrate (banana peel) is hydrolyzed into glucose; (2) In the primary reaction process, glucose is oxidized into oxalic acid; (3) In the purification section, oxalic acid is purified into 99,8% of dihydrate oxalic acid crystal. Raw material is used Banana Peel. Production capacity of 14842 kg/day, requires Banana Peel as raw material of 50.000 kg/day. This oxalic acid plant is operated during 24 hour/day and 330 day/years. The utility for oxalic acid plant is 66 m³/hour sanitation water, 3898,497 m³/hour cooling water, 1,7427 m³/hour process water, and 23,7314 m³/hour boiler water, as well as 3989,9711 m³/hour total make up water..

Keyword : Oxalic Acid, Banana Peel, Nitric Acid Oxidation Process

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah *SWT*, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul” **Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat**”

Dalam Laporan ini diuraikan mengenai perancangan pabrik asam oksalat dari kulit pisang, tentang alat – alat yang digunakan dalam pembuatan asam oksalat, pembuatan asam oksalat dan manfaat dari asam oksalat

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan Laporan ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Kedua orang tua kami atas segala kasih sayang, kesabaran dan limpahan doa yang telah diberikan.
2. Ir. Budi Setiawan, MT selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Ir. Dyah Winarni R, MT, selaku Dosen Pembimbing.
4. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Teman – teman angkatan 2006 yang turut serta membantu demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa hasil Penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga perlu adanya kritik dan saran. Semoga kekurangan serta kritik dan saran yang ada dapat memotivasi Penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Dasar Teori	I-9
I.3. Kegunaan Asam Oksalat	I-10
I.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	I-12
I.4.1. Bahan Baku Utama	I-12
I.4.2. Bahan Baku Pendukung.....	I-12
I.4.3. Produk.....	I-15
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	II-1
II.1. Macam Proses	II-1
II.1.1. Oksidasi dengan Asam Nitrat	II-1
II.1.2. Peleburan Alkali Selulosa.....	II-5
II.1.3. Proses Fermentasi	II-7
II.1.4. Proses Sintesa dari Natrium Formiat	II-8
II.2. Seleksi Proses.....	II-9
II.3. Uraian Proses	II-12
II.3.1. Tahap Pre-Treatment Bahan Baku.....	II-14
II.3.2. Tahap Reaksi	II-14
II.3.3. Tahap Pemurnian Produk	II-15
II.3.4. Tahap Pengeringan	II-17
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
V.1. Screw Conveyor.....	V-1
V.2. Rotary Dryer	V-1

V.3. Cyclone	V-2
V.4. Heater Udara	V-2
BAB VI UTILITAS	VI-1
VI.1. Unit Penyedia Air	VI-1
VI.2. Perhitungan Kebutuhan Air	VI-4
VI.3. Steam	VI-7
VI.4. Proses Pengolahan Air	VI-7
VI.5. Listrik	VI-10
VI.6. Bahan Bakar	VI-10
BAB VII KESELAMATAN KESEHATAN KERJA.....	VII-1
BAB VIII INSTRUMENTASI.....	VIII-1
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA	IX-1
BAB X KESIMPULAN.....	X-1
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR PUSTAKA	ix
APPENDIKS A.....	A-1
APPENDIKS B.....	B-1
APPENDIKS C.....	C-1

DAFTAR TABEL

Tabel I.1.1. Data Impor Asam Oksalat	I-5
Tabel I.1.2. Data Ekspor Asam Oksalat.....	I-6
Tabel I.1.3. Data Produktivitas Asam Oksalat.....	I-7
Tabel I.1.4. Data Konsumsi Asam Oksalat	I-8
Tabel I.2.1 Komposisi Kulit Pisang.....	I-9
Tabel VI.3.1. Data Kebutuhan Steam	VI-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.1. Proses <i>Oksidasi Asam Nitrat</i>	II-4
Gambar II.1.2. Proses <i>Peleburan Alkali Selulosa</i>	II-6
Gambar II.1.3. Proses <i>Fermentasi</i>	II-8
Gambar II.3.1. Diagram Alir Proses Terpilih	II-13



BAB I PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

I.1.1 Sejarah Kulit Pisang sebagai Bahan Baku

Pisang merupakan tanaman asli daerah Asia Tenggara termasuk Indonesia. Tanaman pisang mempunyai nama latin *Musa Paradisiaca*. Nama ini telah diplokamirkan sejak sebelum Masehi. Nama musa diambil dari nama seorang dokter kaisar Romawi Octavianus Augustus (63 SM – 14 M) yang bernama Antonius Musa. Pada jaman Octavianus Augustus, Antonius Musa selalu manganjurkan pada kaisanya untuk makan pisang setiap harinya agar tetap kuat, sehat dan segar,
(Munadjim. 1983)

Berdasarkan sejarah, bangsa Indonesia sangat berjasa dalam mengembangkan tanaman pisang di Pulau Madagaskar dalam tahun kira-kira 500 M. Dalam tahun 650 M pahlawan-pahlawan Islam di negara Arab telah menyebarluaskan tanaman Pisang di sekitar Laut Tengah. Tanaman Pisang yang berkembang di Amerika Selatan dan Amerika Tengah berasal dari Afrika Barat sekitar tahun 1500 M, yang akhirnya berkembang ke seluruh daratan Amerika.

(Munadjim. 1983)

Pisang merupakan tanaman yang banyak terdapat dan tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Negara penghasil pisang dunia umumnya terletak di daerah sekitar khatulistiwa seperti India. Di Indonesia tanaman pisang masih dapat tumbuh dengan subur di daerah pegunungan hingga ketinggian 2.000 meter dengan udara dingin. Jenis pisang Ambon, pisang Tanduk, dan pisang Badak dapat tumbuh di daerah dataran rendah (pantai) hingga di daerah pegunungan (dataran tinggi) dengan ketinggian lebih dari 1.000 meter. Tanaman pisang tahan di musim kering, karena batangnya banyak mengandung air (kurang lebih 80 –



90%). Tetapi jangan diharapkan pisang dapat tumbuh dengan baik di daerah kering (curah hujan sedikit dan tanah menjadi kering). Di Muangthai, terutama di daerah dataran rendah di sekitar S. Mekong, tanaman pisang tumbuh dengan suburnya, walaupun tidak hujan selama 6 bulan. Tetapi air dalam tanah tetap ada, yaitu 6-10 m di bawah permukaan tanah. Sedangkan di daerah banjir, tanaman pisang akan sulit tumbuh dengan baik. Tanaman pisang akan tumbuh subur walaupun curah hujannya tinggi, tetapi bebas banjir yang diimbangi dengan air 50 cm dari atas permukaan. (Munadjim. 1983)

I.1.2 Sejarah Asam Oksalat sebagai Produk Utama

Asam Oksalat telah dikenal pada abad XVII yang ada dalam wood sorrel (*oxalis acetosella*) dan dalam sour dock (*rumex acetosa*) sebagai garam potassium. Untuk membuktikannya, Carl W. Scheele pada tahun 1776 melakukan sintesa dengan cara mengoksidasi gula (glukosa) dengan asam sitrat. Pada tahun 1784 telah dibuktikan bahwa asam oksalat merupakan asam dari garam yang berasal dari jenis tanaman sorrel.

(Kirk RE, Othmer D.F, hal.621-625, 1945)

Pada tahun 1829, menurut Gay Lussac asam oksalat dapat diproduksi dengan cara meleburkan serbuk gergaji dalam larutan alkali. Pada tahun 1856, Dale memproduksi asam oksalat dari serbuk gergaji, dan proses ini berkembang dengan bahan baku lain seperti : sabut kelapa sawit, sekam padi, tongkol jagung, baggase, kenaf, alang-alang dan bahan lain yang mengandung kadar selulosa. Dan pada tahun 1973 di Perancis, "Rhône - Poulenc" memproduksi asam oksalat dengan cara mengoksidasi propylene dengan asam nitrat. Di Amerika, asam oksalat diproduksi dari pati jagung dan masih sedikit pabrik yang memproduksi asam oksalat dari ethylene glikol dengan memanfaatkan proses oksidasi asam nitrat yang menggunakan

katalis besi dan vanadium atau asam sulfat. Asam oksalat juga diproduksi dengan cara mensintesa asam formiat, tetapi proses ini jarang digunakan. Pada tahun 1975 Pfizer berhenti memproduksi asam oksalat sebagai produk samping dari produksi asam sitrat yang menggunakan proses fermentasi dari molases. Jepang juga mengembangkan teknologi lain dalam pembuatan asam oksalat dengan cara mengoksidasi ethylene glikol yang dilakukan oleh dua perusahaan besar yaitu "Mitsubishi Gas Chemical Co. dan Ube Industries,Ltd".

(Kirk RE, Otmer D.F, hal.621-625, 1945)

I.1.3 Alasan Pendirian Pabrik

Di Indonesia potensi hasil pisang sangat besar, mudah tumbuh dimana-mana, baik sebagai tanaman sela, tanaman pelindung, maupun tanaman pagar. Produksi kulit pisang sangat besar, namun kulit pisang ini bisa menyebabkan pencemaran lingkungan seperti bau busuk dan kotor bila kulit pisang dibuang begitu saja di lingkungan pemukiman masyarakat. Kulit pisang merupakan limbah yang tidak memiliki harga jual. Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya, kira-kira 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas dan cukup untuk diolah dalam skala pabrik. Misalnya saja di Kecamatan Senduro didapatkan kulit pisang yang berasal dari *home industry* sekitar 3394,5 ton/hari.

Pada tahun 2000, produktivitas pisang di Provinsi Jawa Timur 68.80 ton per hektar, suatu tingkat produktivitas yang cukup tinggi dibanding provinsi lain pada saat yang sama. Kabupaten penghasil pisang terbesar adalah Jember, Malang, Lumajang, Bojonegoro, dan Pasuruan. Selama periode 1997-2001 masing-masing kabupaten di atas mengalami rata-rata pertumbuhan produksi sebesar 68,728%, 56,99%, 30,51%, 17,44% dan 13,65%. Lumajang memiliki dua jenis pisang yang

menjadi unggulan daerah yaitu pisang Mas Kirana dan pisang Agung. Posisi pisang sebagai komoditas unggulan mendapatkan porsi pembinaan yang cukup intensif. Pengembangannya dilakukan secara tunggal maupun terpadu dengan komoditas lain seperti kopi atau sayuran. Pada aspek budidaya dilakukan pengembangan anakan yang bermutu.

(Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Bogor)

Kabupaten Lumajang merupakan salah satu daerah pengembangan agroindustri keripik pisang. Dari proses pengolahan keripik pisang akan dihasilkan limbah kulit pisang yang cukup banyak jumlahnya. Yang pada umumnya belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai sampah atau digunakan sebagai pakan ternak.

Oleh karena itu, melihat ketersediaan bahan baku yang ada, maka kami memilih untuk mencoba untuk merancang pabrik Asam Oksalat dari kulit pisang. Dan menetapkan lokasi pabrik yang akan kami bangun di desa Banjarwaru, kabupaten Lumajang.

1.1.4 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan jumlah produk yang dihasilkan dalam waktu satu tahun. Di Indonesia kebutuhan asam oksalat dipenuhi dengan cara mengimport dari negara-negara lain, misalnya Amerika Serikat, Jepang, Jerman, Hongkong, Taiwan, China, Australia dan Italia. Berikut data import asam oksalat :

Tabel I.1.1. Data Import Asam Oksalat di Indonesia

TAHUN	KEBUTUHAN (TON / TAHUN)
2000	2905,332
2001	740,026
2002	880,329
2003	1.140,093
2004	1.573,582

Data BPS (Balai Pusat Statistik : Import)

Sedangkan ekspor yang dilakukan Indonesia untuk komoditi asam oksalat ini adalah :



Tabel I.1.2. Data Ekspor Asam Oksalat di Indonesia

TAHUN	KEBUTUHAN (TON / TAHUN)
2000	0,038
2001	1.070,179
2002	470, 556
2003	2.534,900
2004	-

Data BPS (Balai Pusat Statistik : Import)

Produktivitas yang dihasilkan di Indonesia untuk komoditi asam oksalat ini adalah :

Tabel I.1.3. Data Produktivitas Asam Oksalat di Indonesia

TAHUN	KEBUTUHAN (TON / TAHUN)
2000	41,325
2001	49,092
2002	27,022
2003	-
2004	610,170

Data BPS (Balai Pusat Statistik : Import)

Dan konsumsi yang dihasilkan di Indonesia untuk komoditi asam oksalat ini adalah :


Tabel I.1.4. Data Konsumsi Asam Oksalat di Indonesia

TAHUN	KEBUTUHAN (TON / TAHUN)
2000	2.947
2001	49,092
2002	27,022
2003	-
2004	610,170

Data BPS (Balai Pusat Statistik : Import)

Berdasarkan data kebutuhan asam oksalat di Indonesia baik ekspor, import, produktivitas maupun konsumsi, maka dapat ditetapkan kapasitas pabrik asam oksalat ini adalah sebesar 4898 ton/tahun.

I.2 DASAR TEORI**I.2.1 Bahan Baku**

Kulit buah pisang merupakan makanan lezat bagi ternak seperti kambing, sapi, babi dan lain-lain. Kulit buah pisang ini bernilai gizi cukup tinggi. Secara sederhana kulit buah pisang segar dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan alkohol, termasuk anggur, karena selain mengandung gula, juga mempunyai aroma yang menarik.

(Mumadjim, 1983)

Hasil analisis kulit pisang di Indonesia menunjukkan bahwa kulit pisang memiliki kandungan – kandungan makanan yang cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya komposisi kulit pisang dapat dilihat dari tabel I.2.1.1

Tabel I.2.1. Komposisi kulit pisang

Unsur	Jumlah
Air (%)	68,90
Karbohidrat (%)	18,50
Lemak (%)	2,11
Protein (%)	0,32
Kalsium (mg/100gr)	715
Fosfor (mg/100 gr)	117
Besi (mg/100 gr)	1,6
Vitamin :	
A	-
B (mg/100gr)	0,12
C (mg/100gr)	17,5

(Mumadjim, 1983)

I.2.2. Produk Utama

Asam oksalat ada 2 macam yaitu asam oksalat anhidrat dan asam oksalat dihidrat, Asam oksalat anhidrat ($C_2H_2O_4$) yang mempunyai berat molekul 90,04 gr/mol dan mempunyai melting point 187 °C. Sifat dari asam oksalat anhidrat adalah tidak berbau,



berwarna putih, dan tidak menyerap air. Asam oksalat dihidrat merupakan jenis asam oksalat yang dijual di pasaran yang mempunyai rumus bangun ($C_2H_4O_2 \cdot 2H_2O$), dengan berat molekul 126,07 gr/mol dan melting point 101,5 °C dan mengandung 71,42 % asam oksalat anhidrat dan 28,58 % air, bersifat tidak bau dan dapat kehilangan molekul air bila dipanaskan sampai suhu 100°C.

Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam potasium dan kalsium yang terdapat pada daun, akar dan rhizoma dari berbagai macam tanaman. Asam oksalat juga terdapat pada air kencing manusia dan hewan dalam bentuk garam kalsium yang merupakan senyawa terbesar dalam ginjal. Kelarutan asam oksalat dalam etanol pada suhu 15,6 °C dan etil eter pada suhu 25 °C adalah 23,7 g/100 g solvent dan 1,5 g/100 g solvent. Makanan yang banyak mengandung asam oksalat adalah coklat, kopi, strawberry, kacang, bayam.
(Kirk R.E, Othmer D.F, *loc. cit.* 618–635, 1945)

I.3 KEGUNAAN ASAM OKSALAT

Berikut ini beberapa kegunaan asam oksalat dalam dunia industri :

1. “Metal Treatment”

Asam oksalat digunakan pada industri logam untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan logam yang akan di cat. Hal ini dilakukan karena kotoran tersebut dapat menimbulkan korosi pada permukaan logam setelah proses pengecatan selesai dilakukan.

2. “Oxalate Coatings”

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dapat digunakan untuk melapisi logam stainless steel, nickel alloy, kromium dan titanium.

BAB I Pendahuluan

Sedangkan lapisan lain seperti phosphate tidak dapat bertahan lama apabila dibandingkan dengan menggunakan pelapisan oksalat.

3. “Anodizing”

Proses pengembangan asam oksalat dikembangkan di Jepang dan dikenal lebih jauh di Jerman. Pelapisan asam oksalat menghasilkan tebal lebih dari 60 μm dapat diperoleh tanpa menggunakan teknik khusus. Pelapisannya bersifat keras, abrasi dan tahan terhadap korosi dan cukup atraktif warnanya sehingga tidak diperlukan pewarnaan. Tetapi bagaimanapun juga proses asam oksalat lebih mahal apabila dengan dibandingkan dengan proses asam sulfat.

4. “Metal Cleaning”

Asam oksalat adalah senyawa pembersih yang digunakan untuk automotive radiator, boiler, “railroad cars” dan kontaminan radioaktif untuk plant reaktor pada proses pembakaran. Dalam membersihkan logam besi dan non besi asam oksalat menghasilkan kontrol pH sebagai indikator yang baik. Banyak industri yang mengaplikasikan cara ini berdasarkan sifatnya dan keasamannya.

5. “Textiles”

Asam oksalat banyak digunakan untuk membersihkan tenun dan zat warna. Dalam pencucian, asam oksalat digunakan sebagai zat asam, kunci penetralan alkali dan melarutkan besi pada pewarnaan tenun pada suhu pencucian, selain itu juga asam oksalat juga digunakan untuk membunuh bakteri yang ada didalam kain.

6. “Dyeing”

Asam oksalat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan wool. Asam oksalat sebagai agen pengatur mordan kromium florida. Mordan yang terdiri dari 4%



kromium florida dan 2% berat asam oksalat. Wool di didihkan dalam waktu 1 jam. Kromic oksida pada wool diangkat dari pewarnaan. Ammonium oksalat juga digunakan sebagai pencetakan Vigoreus pada wool, dan juga terdiri dari mordan (zat kimia) pewarna.

(Kirk, R.E, Othmer D.F., hal.630–631, 1945)

I.4 SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN

Bahan baku utama yang digunakan adalah kulit pisang, dengan bahan pendukung Asam Nitrat. Sedangkan produk utama adalah Asam Oksalat ($C_2H_2O_4$) dengan produk samping (by product) adalah Ampas yang mengandung Nitrit (NO_2) dan Air (H_2O).

I.4.1 Bahan Baku Utama

Kulit Pisang

- Sifat Fisika
 - Panjang : 12 – 18 cm
 - Warna : Coklat Tua
- Sifat Kimia
 - Mudah teroksidasi, dengan ditandai oleh perubahan warna pada kulit pisang.
 - Memiliki nilai gizi yang cukup tinggi

I.4.2 Bahan Baku Pendukung

1. Asam Nitrat (HNO_3)

- Sifat Fisika
 - Larutan tak berwarna
 - Kelarutan dalam air : larut sempurna
- Sifat Kimia
 - Sebagai asam

BAB I Pendahuluan

Merupakan asam kuat berbasa satu dan dapat bereaksi langsung dengan alkali, oksida-oksida dan bahan dasar lain membentuk garam.

- Sebagai zat pengoksidasi
Merupakan oksidator kuat. Reaksi antara asam nitrat dengan zat pereduksi akan menghasilkan NO_2 dan NO .
- HNO_3 65 % :
 - a. Panas pembentukan : 2503 cal/mol
 - b. Panas penguapan (20°C) : 9426 cal/mol
 - c. Kapasitas panas (27°C) : 28,24 cal/mol
 - d. Densitas pada suhu 20°C : 1,14 gr/cm³
 - e. Berat molekul : 63 gr/mol
 - f. Titik leleh : $-41,8^\circ\text{C}$
 - g. Titik didih pada 1 atm : $120,5^\circ\text{C}$

2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

- Sifat Fisika :
 - Tidak berwarna pada temperatur kamar dan dapat bercampur baik dengan air.
 - Larut dalam air.
(Donald F. Othmer, Carl, H. Gamer, and Joseph J. Jacobs, Jr, "Oxalic Acid from Sawdust," IEC, vol 34, 1942)
 - Sifat Kimia :
 - Bereaksi dengan semua logam dan membebaskan hidrogen kecuali Al, Cr, Bi yang pada keadaan biasa tidak bereaksi.
 - Sangat korosif
 - Dapat mengoksidasi beberapa unsur non metal seperti karbon dan sulfur.
 - Dengan asam hidrobromine dan hidriodine akan menghasilkan bromine iodine.
-

BAB I Pendahuluan

- Berat molekul : 98.08 gr/mol
- Specific gravity 1.839 referensi pada air suhu 15,5 °C.
- Titik lelehnya adalah : 10,49 °C.
- Titik didihnya adalah : 340 °C
- Panas larutan : -22,99 kcal/grmol
- Panas pembentukan = -199,91 kcal/grmol

3. Glukosa (C₆H₁₂O₆)

- Sifat Fisika
 - Larut dalam air yang dingin dan pada semua temperature
(*Ram Brian, LAL Mathur, "Text Book of Sugar Cane Technology," Univ. New Delhi, 1975*)
 - Cp 0.275 gcal/gr pada suhu 20°C
- Sifat Kimia
 - Oksidasi
Glukosa dapat dioksidasi oleh silver atau ion Cupper dengan produk silver mirror dengan mudah kemudian terbentuk diammonical silver nitrit. Terjadinya lapisan endapan dari asam caprous merupakan hasil dari reaksi dengan fehling atau larutan benedict.
Larutan alkali dari glukosa sangat mudah dioksidasi dalam oksigen atmosfer atau oksidasi yang kuat lagi sehingga larutan benedict tidak hanya mengenai atom aldehyde carbon tetapi juga atom karbon lain.
 - Reduksi
Reaksi elektrolit dari glukosa menghasilkan sorbitol dan mannitol.
 - Pada suhu 20°C heat capacitynya 0.3 cal/g°C
 - Berat molekul 180,16 gram/mol

BAB I Pendahuluan

- Titik didihnya 146°C
- Specific gravity 1.05840

4. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ atau Ferric sulfat

- Sifat Fisika
 - Produk komersial mengandung 20 % air (berwarna kuning)
 - Larut dalam alkohol
 - Tidak larut dalam acetone
 - Sedikit larut dalam air
- Sifat Kimia
 - Heat capacity 66.2 gcal/gr pada suhu 273 sampai 373°K
 - Berat molekul 388.88 gr/mol
 - Densitas pada 18°C 3.097

I.4.3 Produk

I.4.3.1 Produk Utama

Produk utama adalah *Asam Oksalat* yang terdiri atas :

- Sifat fisika asam oksalat anhidrat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$)
 - Berbentuk kristal, berwarna putih
 - Sifat kimia asam oksalat anhidrat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$)
 - Titik leleh : 187°C
 - Densitas : 1.897 g/cm^3
 - Panas pembakaran (ΔE) pada 25°C : 245,61 kJ/mol
 - Panas pembentukan standart (ΔH_f) pada 25°C : 826,61 kJ/mol
 - Berat molekul : 90.04
 - Asam oksalat dengan glycerol akan membentuk allyl alkohol.
 - Asam oksalat anhidrat menyublim pada suhu 150°C tetapi jika dipanaskan lagi akan
-

BAB I Pendahuluan

terdekomposisi menjadi karbondioksida dan asam formiat.

- Jika asam oksalat dipanaskan dengan penambahan asam sulfat akan menghasilkan karbon monoksida, karbondioksida dan H₂O.
(*Kirk R.E, Otmer D.F, hal.618–635, 1945*)
- Sifat fisika asam oksalat dihidrat (C₂H₂O₄.2H₂O)
 - Berbentuk kristal, berwarna putih
- Sifat kimia asam oksalat dihidrat (C₂H₂O₄.2H₂O)
 - Titik leleh : 101,5 °C
 - Densitas : 1,653 g/cm³
 - Panas pembentukan standart (ΔHf) pada 18°C : -1422 kJ/mol
 - Berat molekul : 126,07
 - Cp pada suhu 50°C adalah 0.385
 - Cp pada suhu 100°C adalah 0.416

I.4.3.2 Produk Samping (*by product*)

Produk samping yang dihasilkan adalah :

1. Karbon dioksida (CO₂)

- Sifat fisika
 - Tidak Berbau
 - Tidak Berwarna
 - Tidak Beracun.
- Sifat kimia
 - Densitas sebesar 1.9769 gr/lt pada 0°C , 760 mmHg
 - Spesifik Gravity 1.53 pada basis udara = 1
 - Melting point – 56.6°C pada 5,2 atm
 - Kelarutan dalam air 179.7 cm³CO₂ dalam 100 cm³ air pada 0°C
 - 90.1 cm³CO₂ dalam 100 cm³ air pada 20°C
 - Larut dalam alcohol

BAB I Pendahuluan

(Donald F. Othmer, Carl, H.Gamer, and Joseph J. Jacobs, Jr, "Oxalic Acid from Sawdust," IEC, vol 34, 1942)

- $C_p = 10.34 + 0.00274 T - 195500/T^4$ pada suhu 273 – 1373°K
(Perry, J.H, " Chemical Engineering Handbook," 6th ed., Mc Graw-Hill Book, Kagakusha Ltd., Tokyo, 1984, p.3-132, 1984)

2. Karbon Monoksida (CO)

- Sifat fisika
 - Tidak Berwarna
 - Tidak Berbau
 - Sangat Beracun
- Sifat kimia
 - Densitas 1.2504 gr/lit pada suhu 0°C , 760mmHg
 - Melting point – 207 °C
 - Boiling Point – 192°C
 - Larut dalam air 0.004 bagian CO dalam 100 bagian air pada 0°C
 - Larut dalam alkohol
(Douglas, F. Othmer, Carl, H.,Gamer, and Joseph.J. ,Jacobs,,Jr, "Oxalic Acid from sawdust," vol 42, 1942, 1942).
 - $C_p 5,2 + 0.0033 T$ pada suhu 273 – 1763 °K.
(Perry, J.H, "Chemical Engineering Handbook", sixth edition, Mc Graw Hill Book, Kagakusha, Ltd, Tokyo, 1984, p 3-132)

3. NO₂ (Nitrogen Dioksida)

- Sifat kimia
 - $C_p 8.05 + 0.000233 T - 1563000/T^2$ pada T 300 – 500°K
-



BAB I Pendahuluan

(Perry, J.H., "Chemical Engineering Handbook", sixth edition, Mc Graw Hill Book, Kagakusha, Ltd, Tokyo, 1984, p3-132)

- Vapor pressure pada 70 °F adalah 14,7 Psia
 - Boiling Point 1 atm = 21,15 °C
 - Spesifik gravity = 2.83 basis udara = 1 pada 70°C 1 atm
 - Densitas dalam bentuk liquid 68°F sebesar 1.447 g/cc
 - Densitas dalam bentuk gas 70°F 1 atm 3.4 gr/lit
- (Donald F. Othmer, Carl, H. Gamer, and Joseph. J. Jacobs, Jr, "Oxalic Acid from Sawdust," IEC, vol 34, 1942)

4. Nitrogen Oxide (NO)

- Sifat kimia
 - Spesifik volum 13 cuft/lb
 - B.P 1 atm -151,7°C
 - Cp pada 15°C adalah 0.2328 cal/gr °C
- (Donald F. Othmer, Carl, H. Gamer, and Joseph. J. Jacobs, Jr, "Oxalic Acid from Sawdust," IEC, vol 34, 1942)

5. Air (H₂O)



BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES



BAB II Macam dan Uraian Proses

BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1. MACAM PROSES

Pembuatan asam oksalat dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu :

1. Oksidasi dengan asam nitrat
2. Peleburan alkali selulosa
3. Proses fermentasi
4. Proses sintesa dari Natrium formiat

(Kirk R.E., Othmer D.F., hal. 618-635, 1979).

II.1.1. Proses Oksidasi dengan Asam nitrat

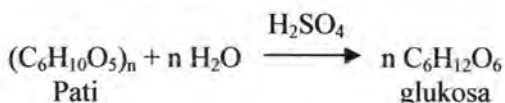
Proses Oksidasi dengan Asam nitrat ditemukan oleh *Schele* pada tahun 1776 sebagai cara yang paling tua dalam pembuatan asam oksalat dengan menggunakan bahan baku glukosa dan asam nitrat. Pada jaman dahulu, proses ini secara komersial kurang berhasil, karena untuk mendapatkan H_2SO_4 100% dan katalisator V_2O_5 sangat sulit, namun katalisator V_2O_5 dapat diganti dengan katalisator molyodum, besi dan mangan.

Pada proses pembuatan asam oksalat dengan menggunakan starch atau pati, hal yang harus diperhatikan antara lain : temperatur reaksi, rate penambahan asam nitrat, pengadukan reaktor serta pengambilan nitrogen oxide yang dihasilkan dalam proses tersebut. Hal-hal tersebut harus diperhatikan karena sangat mempengaruhi efisiensi proses atau yield asam oksalat.

Kulit pisang mengandung sebesar 18 % pati. Pati ini dapat dipisahkan dengan metoda pengepresan. Kulit pisang yang masih segar dihancurkan dengan Rotary Cutter, kemudian dimasukkan ke dalam Rotary Drum Filter. Air yang mengalir ditampung dalam bejana untuk diendapkan. Pati akan mengendap,

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

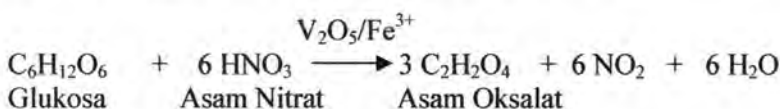
sedangkan airnya dapat dipisahkan. Pati yang diperoleh dikeringkan dengan Rotary Dryer hingga bebas air. Agar pati tidak lekas rusak, maka pengeringan dilakukan secepat mungkin. Kemudian pati tersebut dimasukkan ke dalam Silo. Setelah itu, pati tersebut dirubah menjadi glukosa dengan cara hidrolisa asam dengan katalis asam sulfat dalam tangki hidrolisa. Reaksi ini berlangsung pada suhu 73-80 °C. Setelah 6 jam seluruh bahan akan terhidrolisa menjadi monosakarida yang kaya akan glukosa dengan reaksi seperti berikut :



Pati kulit pisang yang sudah terhidrolisa tersebut mengandung 40-50% berat glukosa, dicampur di dalam reaktor dengan mother liquor asam oksalat yang lebih kuat yang direcovery dari proses sebelumnya.

Larutan mother liquor-glukosa dipanaskan di dalam reaktor hingga suhu 63 °C dengan menggunakan steam dan menggunakan pengadukan. Selama penambahan asam nitrat, air pendingin disirkulasikan melewati reaktor koil untuk menyerap panas eksotermis reaksi yang dihasilkan pada proses oksidasi glukosa menjadi asam oksalat

Reaksi yang terjadi pada proses oksidasi dengan HNO₃ dari glukosa menjadi asam oksalat adalah sebagai berikut :

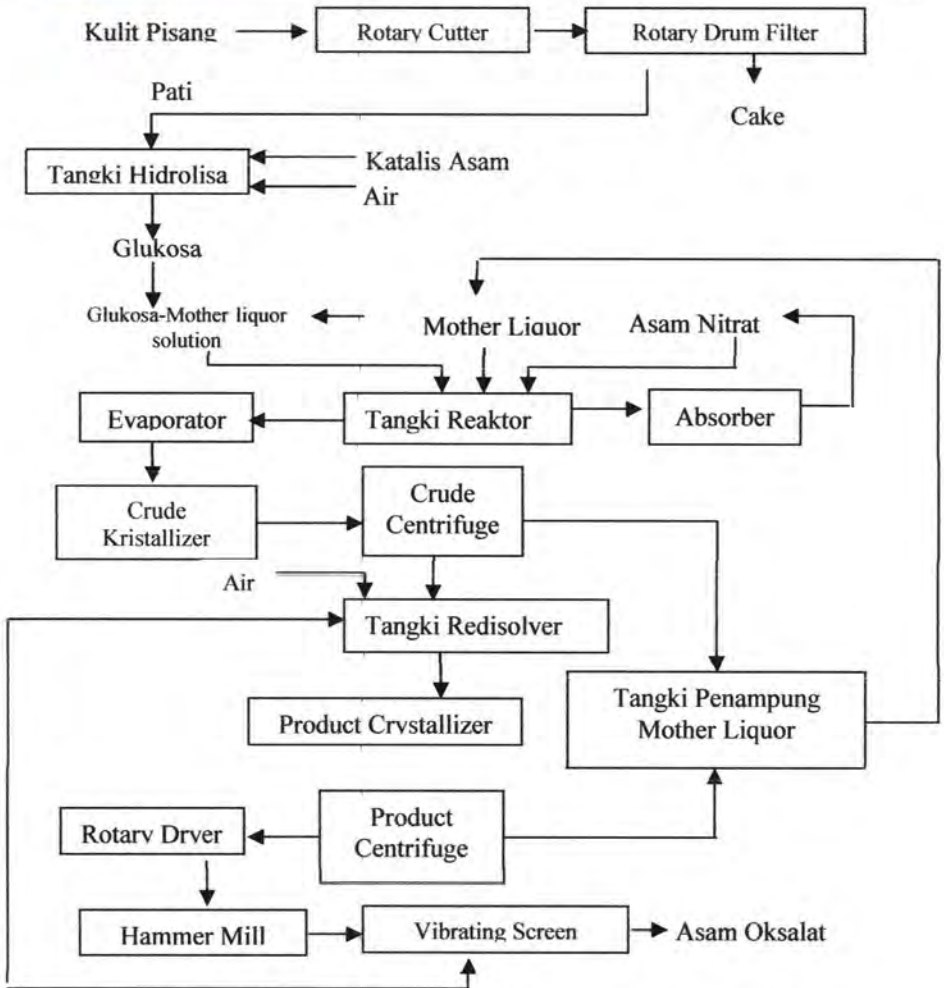


Ketika reaksi oksidasi selesai, larutan hasil dimasukkan ke dalam crude crystallizer dimana terjadi pengadukan dan Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

BAB II Macam dan Uraian Proses

didinginkan hingga mencapai suhu 24-32 °C. Dari crude crystallizer, slurry diaduk di dalam settling tank dimana kristalisasi lebih lanjut terjadi. Slurry yang dihasilkan dari settling tank dipisahkan dan dipekatkan dalam evaporator, mother liquor-nya direcycle kembali kedalam reaktor. Asam oksalat kristal mengandung kurang lebih 90% asam oksalat dihidrat. Yield asam oksalat dihidrat dari pati adalah 63-65%. Sebanyak 35-37% yield yang hilang terjadi dalam oksidasi asam nitrat.

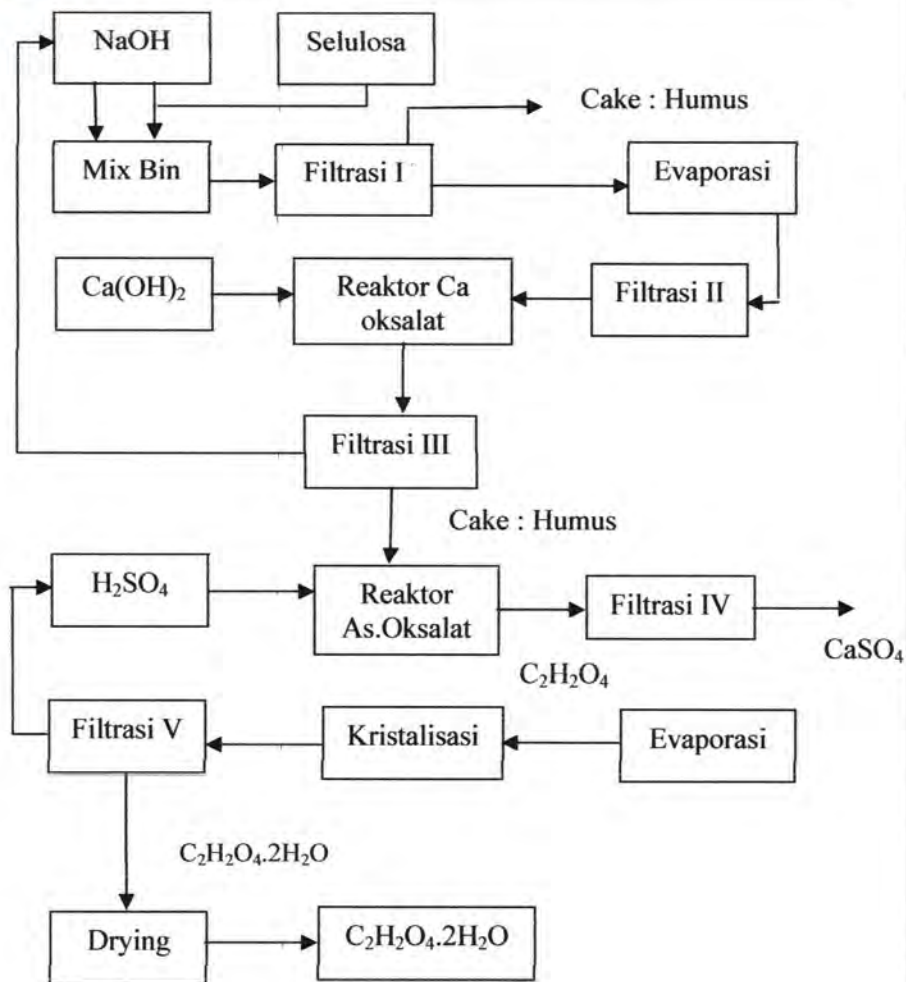
Asam oksalat dengan kemurnian tinggi diperoleh dengan cara melarutkan kembali crude produk menggunakan mother liquor dan air panas. Produk yang dihasilkan difiltrasi, dan dikristalisasi kembali. Hasil akhir kandungan asam oksalat dihidrat lebih besar dari 99%.



Gambar II.1.1 Diagram Alir Pembuatan Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

II.1.2. Peleburan alkali selulosa

Dalam proses ini bahan baku yang dipakai adalah bahan baku yang mengandung selulosa, antara lain : serbuk gergaji, sekam padi, dan bahan-bahan lain yang mengandung selulosa. Selain bahan baku diatas, digunakan bahan pembantu, antara lain: Natrium Hidroksida (NaOH), Calsium Hidroksida [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], dan Asam sulfat [H_2SO_4]. Proses ini menghasilkan yield antara 50% sampai 75% dari berat kering bahan baku.



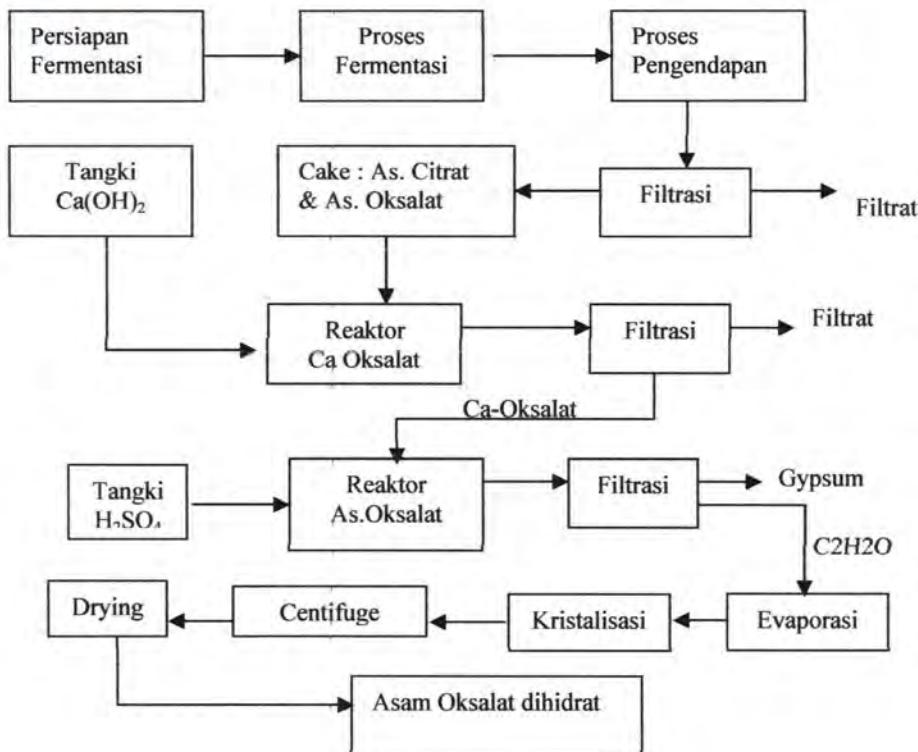
Gambar II.1.2 Blok Diagram Proses Peleburan Alkali Selulosa

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

II.1.3 Proses Fermentasi

Asam oksalat dapat dihasilkan dengan proses fermentasi gula dengan menggunakan jamur (*Aspergillus niger*, *A. oryzae*, dan *Penicillium solitum*). Pada pembuatan asam oksalat dengan proses fermentasi, jika yang dihasilkan hanya asam oksalat saja, maka proses ini tidak ekonomis. Hal ini dikarenakan hasil samping yang terjadi yaitu asam sitrat mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Uraian proses, dimulai dari persiapan fermentasi, seperti: menyiapkan gula sebagai bahan baku dan bakteri. Lalu masuk ke dalam fermentor dan ke filtrasi. Di dalam fermentor terjadi pemisahan antara filter dan cakenya masuk ke dalam reaktor dan ditambahkan dengan Ca(OH)_2 dan terjadi reaksi. Hasil reaksi berupa gypsum dan asam oksalat. Setelah masuk dalam filtrasi asam oksalat masuk kedalam evaporator lalu dikristaliser, setelah dari kristaliser dipisahkan dulu di dalam centrifuge, lalu masuk ke dalam Drying untuk dikeringkan menjadi asam oksalat dihidrat.



II.1.3 Blok Diagram Proses Fermentasi

II.1.4. Proses sintesa dari Natrium Formiat

Bahan baku dari proses sintesa dari Natrium Formiat adalah natrium formiat yang berasal dari reaksi natrium hidroksida (97 sampai 98%) dengan karbon monoksida pada temperatur 200 °C dan tekanan 150 psi dalam autoclave. Pada

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

natrium formiat dinaikkan temperaturnya sampai 400 °C dan tekanan diturunkan. Reaksi yang terjadi adalah:



Natrium oksalat yang dihasilkan dilanjutkan ke reaktor berikutnya, yaitu direaksikan dengan Calsium hidroksida, dalam reaktor ini terjadi pengadukan.

Reaksi yang terjadi adalah :



Calsium oksalat yang terbentuk dilewatkan melalui filter, dimana dilakukan pada temperatur tinggi, sehingga kelarutan bahan semakin besar dan cake yang di dapat semakin bersih dari mother liquornya. Setelah itu hasilnya masuk pada tahap pengasaman dengan menggunakan asam sulfat encer. Reaksi yang terjadi adalah :



Temperatur harus dijaga 90 °C agar reaksi berjalan eksotermis. Asam oksalat yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam evaporator. Kondisi dalam evaporator dijalankan pada temperatur 88,98 °C dan tekanan 3,716 Psia. Kemudian asam oksalat dimasukkan dalam kristalizer pada suhu 40 °C dan dilanjutkan kedalam dryer dengan kondisi operasi pada temperatur 100,76 °F sampai 130 °C untuk menghasilkan asam oksalat dihidrat.

II.2 SELEKSI PROSES

Setelah mempelajari bermacam-macam proses yang digunakan dalam pembuatan asam oksalat, maka kami dapat memilih salah satu proses yang akan digunakan dalam pembuatan

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

asam oksalat. Kami memilih proses oksidasi dengan asam nitrat pada pembuatan asam oksalat dari bahan baku kulit pisang. Kami memilih menggunakan proses tersebut disebabkan karena prosesnya sederhana, bahan baku yang digunakan tersedia dalam jumlah yang banyak. Untuk pembuatan asam oksalat dengan proses oksidasi dengan asam nitrat, membutuhkan kandungan pati yang terdapat dalam kulit pisang. Selain itu juga terdapat hasil samping dari proses pengambilan pati, yaitu berupa ampas dan air. Ampas ini masih banyak mengandung vitamin dan mineral. Oleh sebab itu masih dapat dipergunakan sebagai bahan makanan ternak. Dalam menggunakan proses ini dapat menghasilkan yield sebesar 60-70%.

Untuk pemilihan bahan baku yang berasal dari kulit pisang dikarenakan Indonesia mempunyai produksi pisang yang besar. Di Asia, Indonesia termasuk penghasil pisang terbesar, karena sekitar 50 persen produksi pisang Asia berasal dari Indonesia. Sentra produksi pisang di Indonesia adalah Jawa Barat (Sukabumi, Cianjur, Bogor, Purwakarta, Serang), Jawa Tengah (Demak, Pati, Banyumas, Sidorejo, Kesugihan, Kutosari, Pringsurat, Pemalang), Jawa Timur (Banyuwangi, Malang, Lumajang, Blitar), Sumatera Utara (Padangsidempuan, Natal, Samosir, Tarutung), Sumatera Barat (Sungyang, Baso, Pasaman), Sumatera Selatan (Tebing Tinggi, OKI, OKU, Baturaja), Lampung (Kayu Agung, Metro), Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Bali, dan Nusa Tenggara Barat.

Saat ini diperkirakan setiap tahun lebih dari tiga juta ton kulit pisang belum termanfaatkan. Padahal, setelah diolah dapat dijadikan asam oksalat dan bisa menjadi makanan berserat yang bergizi dan enak.

Adapun perbedaan keuntungan dan kerugian pada berbagai proses pembuatan asam oksalat, yaitu:

- ***Peleburan alkali selulosa***

Peleburan alkali selulosa memiliki beberapa keuntungan, yaitu : bahan baku yang digunakan tersedia dalam jumlah yang cukup banyak, seperti sabut kelapa, alang-alang, serbuk gergaji, bagasse, sekam padi, kenaf dan lain-lain; proses yang digunakan cukup sederhana yaitu hanya dengan penambahan NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan H_2SO_4 ; dihasilkan CaSO_4 (gypsum), humus dan asam format sebagai hasil samping; dan dihasilkan asam oksalat dalam jumlah yang besar (yield 50 – 75%). Selain itu, peleburan alkali selulosa juga memiliki kerugian, yaitu : diperlukan tenaga yang cukup besar karena proses yang cukup banyak untuk menghasilkan asam oksalat dengan yield yang cukup besar.

- ***Oksidasi dengan asam nitrat***

Oksidasi dengan asam nitrat memiliki beberapa keuntungan, yaitu : dihasilkan asam oksalat dalam jumlah yang besar (yield 60-70%); prosesnya sangatlah sederhana; dan bahan baku seperti kulit pisang, ketebon jagung mudah didapat dan memiliki kadar pati yang cukup tinggi. Selain itu, oksidasi dengan asam nitrat juga memiliki kerugian, yaitu : merupakan hasil samping dari Asam Sitrat; kurang ekonomis jika diproduksi dari bahan baku seperti tepung jagung, tepung tapioka karena harganya relatif mahal; dan diperlukan katalis tertentu yaitu $\text{V}_2\text{O}_5/\text{Fe}^{3+}$.

- ***Fermentasi***

Fermentasi memiliki beberapa keuntungan, yaitu : bahan utama yang berasal dari karbohidrat mudah didapat; hasil samping asam sitrat lebih bernilai daripada asam oksalat. Selain
Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

itu, fermentasi juga memiliki kerugian, yaitu : prosesnya agak sulit karena menggunakan jamur yang harus dikontrol kondisi operasinya sesuai dengan karakteristik jamur tersebut, apabila tidak sesuai dapat merusak karbohidrat; dan biaya yang diperlukan juga mahal karena masih memerlukan bahan pembantu seperti asam oksalat.

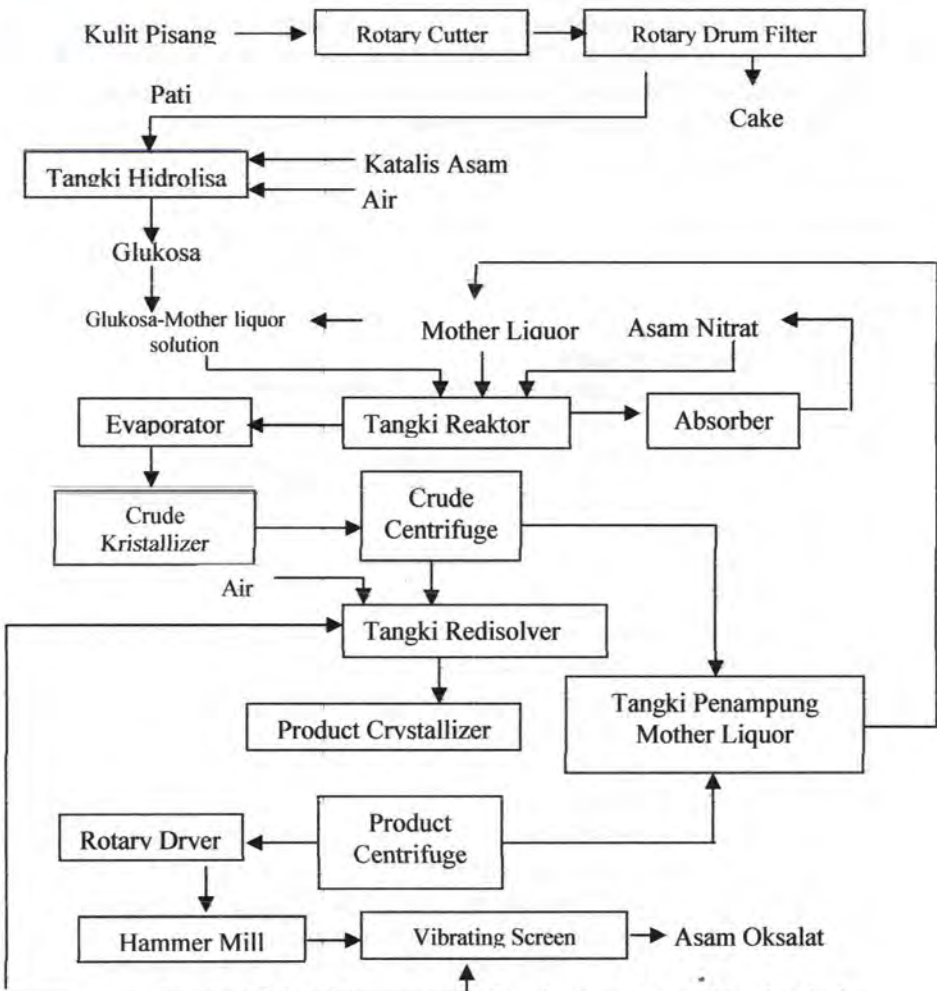
- ***Sintesis dari Natrium Formiat***

Sintesis dari Natrium Formiat memiliki beberapa keuntungan, yaitu : asam oksalat yang dihasilkan dalam jumlah konversi yang cukup besar (97% – 98%). Selain itu, sintesis dari Natrium Formiat juga memiliki kerugian, yaitu : bahan pembantu CO sukar didapat sehingga diperlukan biaya tambahan untuk mendapatkan gas CO.

Dari keempat cara atau proses pembuatan asam oksalat, maka dipilih proses pembuatan asam oksalat dihidrat dengan proses oksidasi asam nitrat sebagai proses yang paling sederhana dan ekonomis dari segi bahan baku.

II.3. URAIAN PROSES TERPILIH

Proses pembentukan asam oksalat dari kulit pisang ini melalui beberapa tahapan yaitu:



Gambar II.3.1 Diagram Alir Pembuatan Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



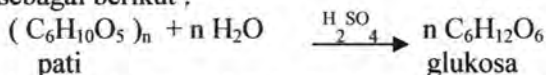
II.3.1. Pre-treatment bahan baku

Tujuan dari pre-treatment ini adalah untuk memperoleh starch dengan kemurnian 85% karena hal ini merupakan syarat untuk tahapan selanjutnya yaitu reaksi hidrolisa. Dalam tahapan ini, bahan baku yaitu kulit pisang yang masih segar dihancurkan dengan Rotary Crusher, kemudian dimasukkan ke dalam Rotary Drum Filter untuk didapatkan Pati Basah. Agar pati tidak lekas rusak, maka pati basah tidak perlu disimpan dahulu dalam Silo, namun langsung masuk ke dalam Tangki Hidrolisa.

II.3.2. Tahap reaksi

II.3.2.1. Reaksi Hidrolisa

Tujuan dari reaksi ini adalah untuk mengubah starch menjadi glukosa dengan proses hidrolisa asam dengan katalis asam sulfat dalam tangki hidrolisa. Reaksi ini berlangsung pada suhu 73-80 °C dengan waktu reaksi 6 jam. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :



Setelah 6 jam, seluruh starch akan terhidrolisa menjadi monosakarida yang kaya akan glukosa. Larutan starch akan terhidrolisa mengandung 60% berat glukosa.

(Kirk R.E, Othmer D.F., hal.630-631, 1945)

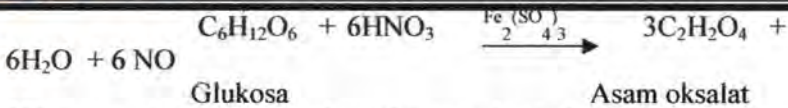
II.3.2.2. Reaksi Oksidasi

Tujuan dari reaksi ini adalah untuk mengoksidasi glukosa yang terbentuk dari tangki hidrolisa menjadi asam oksalat dengan menggunakan oksidator kuat asam nitrat (HNO₃) di dalam reaktor oksidasi. Untuk mempercepat terjadinya reaksi oksidasi ini, ditambahkan katalisator fero sulfat (Fe₂ (SO₄)₃). Suhu operasi pada reaktor oksidasi ini adalah 63 °C dengan waktu reaksi 8 jam. Adapun reaksi oksidasi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



BAB II Macam dan Uraian Proses



30% asam oksalat yang terbentuk mengalami oksidasi. Reaksinya adalah :



Reaksi yang terjadi pada reaktor oksidasi adalah reaksi eksoterm, sehingga selama penambahan asam nitrat 65% air pendingin dialirkan melalui jacket reaktor untuk menyerap panas yang terbentuk selama reaksi.

Gas NO yang terbentuk selama reaksi oksidasi, dikeluarkan untuk dialirkan menuju unit pengolahan limbah. (*Kirk RE, Othmer D.F., hal.630-631, 1945*)

II.3.3. Tahap Pemurnian Produk

Tahapan ini bertujuan untuk memurnikan produk asam oksalat yang terbentuk sehingga produk mempunyai kemurnian 90 %. Adapun tahapan-tahapan pemurnian ini antara lain adalah :

1. *Evaporasi*

Tujuan dari proses eaporasi ini adalah untuk memekatkan larutan yang dihasilkan dari reaktor oksidasi agar syarat kristalisasi terpenuhi, yaitu larutan lewat jenuh. Evaporator yang digunakan adalah evaporator triple effect. Evaporator effect pertama tekanannya 1 atm, sedangkan pada effect dua dan effect tiga tekanannya vakum.

2. *Kristalisasi I*

Tujuan dari kristalisasi ini adalah untuk membentuk kristal asam oksalat. Proses kristalisasi I ini dilakukan pada alat kristaliser. Dimana pada kristaliser ini asam oksalat yang terbentuk pada reaksi oksidasi dan mother liquor dimasukkan ke dalam kristalizer dan didinginkan sampai mencapai suhu 24-32 °C. Mother liquor yang terikut tidak berubah menjadi kristal.

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



3. *Sentrifuge I*

Tujuan dari sentrifuge I adalah untuk memisahkan mother liquor dari asam oksalat. Proses pemisahan ini dilakukan di dalam centrifuge I. Densitas mother liquor lebih rendah karena masih dalam bentuk cairan, mother liquor keluar dari sentrifuge secara overflow dan direcycle kembali ke dalam reaktor oksidasi dan tangki hidrolisa. Sedangkan kristal asam oksalat yang terbentuk dilanjutkan menuju proses berikutnya.

4. *Pelarutan kembali kristal asam oksalat (Redissolving)*

Tujuan dari proses ini adalah melarutkan kembali kristal asam oksalat yang terbentuk dari kristalizer dalam redissolving tank untuk memperoleh kristal asam oksalat dengan kemurnian yang lebih tinggi. Pada proses ini semua kristal asam oksalat dilarutkan dengan air pada suhu 65 °C dengan cara pengadukan di dalam tangki redissolving tank.

4. *Kristalisasi II*

Tujuan dari kristalisasi II ini adalah untuk mengkristalkan kembali asam oksalat yang telah melewati proses redissolving sehingga diharapkan kristal yang terbentuk mempunyai kemurnian yang tinggi. Proses kristalisasi II ini dilakukan pada alat kristalizer II. Dimana pada kristalizer ini asam oksalat yang telah dilarutkan kembali dalam redissolving tank dimasukkan ke dalam kristalizer II dan didinginkan sampai mencapai suhu 24-32 °C. Asam oksalat yang tidak terkristal direcycle kembali menuju tangki redissolving.

5. *Sentrifuge II*

Tujuan dari sentrifuge II adalah untuk memisahkan mother liquor dari asam oksalat. Densitas mother liquor lebih rendah karena masih dalam bentuk cairan, mother liquor keluar dari sentrifuge secara overflow dan direcycle kembali ke dalam reaktor dan tangki hidrolisa. Sedangkan kristal asam oksalat yang terbentuk dilanjutkan menuju proses berikutnya.

II.3.4. Tahap Pengeringan

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan moisture yang masih terkandung didalam kristal asam oksalat. Proses pengeringan kristal ini berlangsung didalam rotary dryer dengan suhu operasi 60 °C. Dan hasil akhir yang diperoleh adalah asam oksalat dengan kemurnian 99,6 %.

II.3.5. Tahap Penyelesaian

Pada proses penyelesaian ini menggunakan Hammer mill, asam oksalat dari Rotary Dryer dikesilkan ukuran kristalnya sampai 100 mesh, setelah masuk Hammer Mill. Produk akan disaring dalam Vibrating Screen, penyaringan ini dilakukan dengan tujuan agar produk kristal yang dihasilkan tidak lebih besar dari 100 mesh. Setelah proses pada vibrating screen, produk asam oksalat yang normal dialirkan menuju tangki penampung produk asam oksalat dengan menggunakan bucket elevator. Untuk produk yang tidak lolos dari vibrating screen dikembalikan lagi ke dalam Hammer Mill untuk diproses kembali.

BAB III NERACA MASSA

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas produksi	: 4898 ton/tahun asam oksalat
Waktu operasi	: 14842 kg/hari asam oksalat
Basis perhitungan operasi	: 330 hari
Feed masuk	: 1 hari
Basis	: 50000 kg/hari kulit pisang
	: 1000 kg/jam.

I. Neraca Massa Tahap Pre-Treatment Bahan Baku

1. Crusher (C 110)

Fungsi	: Menghancurkan Kulit pisang
Jenis	: Rotary Crusher

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Belt Dyer:</i>		<i>Ke Tangki Hidrolisa :</i>	
▼ Pati	10200.00	▼ Pati	10200.00
▼ Protein	175.00	▼ Protein	175.00
▼ Lemak	1165.00	▼ Lemak	1165.00
▼ Ca	395.00	▼ Ca	395.00
▼ P	65.00	▼ P	65.00
▼ Fe	1.00	▼ Fe	1.00
▼ Vit B	0.05	▼ Vit B	0.05
▼ Vit C	9.50	▼ Vit C	9.50
▼ Air	2500.00	▼ Air	2500.00
Total	14510.55	Total	14510.55

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

2. Tangki Hidrolisa (F 115)

Fungsi : Menampung larutan hasil dari Rotary Crusher untuk diumpankan ke Rotary Drum Filter

Jenis : Storage Tank

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
Dari Rottary Crusher:		Ke Rotary Drum Filter :	
➤ Pati	10200.00	➤ Pati	10200.00
➤ Protein	175.00	➤ Protein	175.00
➤ Lemak	1165.00	➤ Lemak	1165.00
➤ Ca	395.00	➤ Ca	395.00
➤ P	65.00	➤ P	65.00
➤ Fe	1.00	➤ Fe	1.00
➤ Vit B	0.05	➤ Vit B	0.05
➤ Vit C	9.50	➤ Vit C	9.50
➤ Air	2500.00	➤ Air	68603.62
Dari Utilitas :			
➤ Air	66103.62		
Total	80614.17	Total	80614.17

3. Separator (H 117)

Fungsi : Memisahkan pati dari ampas

Jenis : Rotary Drum Filter

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari tangki penampung:</i>		<i>Ke Penampung Cake :</i>	
➤ Pati	10200.00	➤ Pati	0.01897929
➤ Protein	175.00	➤ Protein	1.085×10^{-5}
➤ Lemak	1165.00	➤ Lemak	6.503×10^{-5}
➤ Ca	395.00	➤ Ca	1.715×10^{-5}
➤ P	65.00	➤ P	2.016×10^{-6}
➤ Fe	1.00	➤ Fe	2.481×10^{-8}
➤ Vit B	0.05	➤ Vit B	9.30×10^{-10}
➤ Vit C	9.50	➤ Vit C	1.178×10^{-7}
➤ Air	68603.62	➤ Air	0.70633989
		<i>Ke Reaktor Hidrolisa</i>	
		➤ Pati	10199.98
		➤ Protein	175.00
		➤ Lemak	1165.00
		➤ Ca	395.00
		➤ P	65.00
		➤ Fe	1.00
		➤ Vit B	0.05
		➤ Vit C	9.50
		➤ Air	68602.91
Total	80614.17	Total	80614.17


4. Reaktor Hidrolisa (R 110)

Fungsi : Menghidrolisa pati menjadi glukosa

Jenis : Batch Stirred Tank Reaktor

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Rotary Drum Filter :</i>		<i>Ke Reaktor Oksidasi :</i>	
↘ Pati	10199.98	↘ H ₂ O (WTP)	5028.41
↘ Protein	175.00	↘ Air	68602.91
↘ Lemak	1165.00	↘ Glukosa	11333.34
↘ Ca	395.00	↘ C ₂ H ₂ O ₄	425.00
↘ P	65.00	↘ H ₂ SO ₄	4250.00
↘ Fe	1.00	↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	217.14
↘ Vit B	0.05	↘ Exess HNO ₃	356.79
↘ Vit C	9.50		
↘ Air	68602.91		
↘ H ₂ O (WTP)	1800.00		
<i>Dari Penampung ML :</i>			
↘ H ₂ O	3251.07		
↘ C ₂ H ₂ O ₄	425.00		
↘ H ₂ SO ₄	4250.00		
↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	217.14		
↘ Exess HNO ₃	356.79		
Total	90213.59	Total	90213.59



II. Neraca Massa Tahap Pembentukan Asam oksalat dan pemisahannya

1. Reaktor Oksidasi (R 220)

Fungsi : Mengoksidasi glukosa menjadi asam oksalat.

Jenis : Batch Stirred Tank Reaktor

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Reaktor Hidrolisa:</i>		<i>Ke Tangki Penampung:</i>	
➤ H ₂ O	68602.91	➤ H ₂ O	54916.19
➤ Glukosa	11333.34	➤ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46
➤ C ₂ H ₂ O ₄	425.00	➤ H ₂ SO ₄	42500.03
➤ H ₂ SO ₄	4250.00	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	217.14	➤ Exess HNO ₃	3567.93
➤ Exess HNO ₃	356.79	<i>Ke Absorber :</i>	
<i>Dari Recycle mother Iiquor:</i>		➤ NO	11327.30
➤ C ₂ H ₂ O ₄	3825.00	➤ CO	1585.86
➤ H ₂ SO ₄	38250.02	➤ CO ₂	2491.74
➤ H ₂ O	29259.66		
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	1954.23		
➤ Exess HNO ₃	3211.14		
<i>Dari Tangki HNO₃:</i>			
➤ HNO ₃	23786.20		
➤ H ₂ O	12807.95		
Total	134704.88	Total	134704.88



2. Tangki penampung (F 224)

Fungsi : menampung larutan hasil dari reactor oksidasi untuk diumpankan ke evaporator.

Jenis : Storage Tank

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Reaktor Oksidasi:</i>		<i>Ke Evaporator:</i>	
➤ H ₂ O	54916.19	➤ H ₂ O	54916.19
➤ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46	➤ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46
➤ H ₂ SO ₄	42500.03	➤ H ₂ SO ₄	42500.03
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36
➤ Exess HNO ₃	3567.93	➤ Exess HNO ₃	3567.93
Total	119299.98	Total	119299.98

3. Evaporator (V 226)

Fungsi : Menguapkan sebagian besar air dari reactor oksidasi.

Jenis : Vertical Tube Evaporator

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Tangki Penampung:</i>		<i>Ke Kristalizer I:</i>	
➤ H ₂ O	54916.19	➤ H ₂ O	40354.10
➤ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46	➤ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46
➤ H ₂ SO ₄	42500.03	➤ H ₂ SO ₄	42500.03
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36
➤ Exess HNO ₃	3567.93	➤ Exess HNO ₃	3567.93
		<i>Ke Barometrik Kondensor:</i>	
		➤ Uap Air	14562.09
Total	119299.98	Total	119299.98


4. Tangki Kristaliser I (M 310)

Fungsi : Pembentukan kristal asam oksalat dihidrat.

Jenis : Batch Cooling Crystallisation.

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat(Kg)
<i>Dari Evaporator:</i>		<i>Ke Centifuge I:</i>	
↘ H ₂ O	40354.10	↘ H ₂ O	35694.08
↘ C ₂ H ₂ O ₄	16144.46	↘ C ₂ H ₂ O ₄	4500.10
↘ H ₂ SO ₄	42500.03	↘ H ₂ SO ₄	42500.03
↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36	↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36
↘ Exess HNO ₃	3567.93	↘ Exess HNO ₃	3567.93
		↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304.38
Total	104737.88	Total	104737.88

5. Centrifuge I (H 311)

Fungsi : Memisahkan mother liquor dari kristal asam oksalat

Jenis : Centrifuge

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Kristaliser I:</i>		<i>Ke T. Redissolving:</i>	
↘ H ₂ O	35694.08	↘ H ₂ O	1768.17
↘ C ₂ H ₂ O ₄	4500.10	↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43
↘ H ₂ SO ₄	42500.03	↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304.38
↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171.36	<i>Ke T. Penampung ML:</i>	
↘ Exess HNO ₃	3567.93	↘ H ₂ O	33925.91
↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304.38	↘ C ₂ H ₂ O ₄	4500.10
		↘ H ₂ SO ₄	42500.03
		↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2127.94
		↘ Exess HNO ₃	3567.93
Total	104737.8	Total	104737.8

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

6. Tangki Penampung Mother Liquor I (F 313)

Fungsi : Menampung mother liquor hasil evaporasi dan "Make-up" katalis.

Jenis : Stirred Tank

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Centrifuge I:</i>		<i>Ke Tangki Reaktor:</i>	
➤ H ₂ O	33925.91	➤ H ₂ O	33925.91
➤ C ₂ H ₂ O ₄	4500.10	➤ C ₂ H ₂ O ₄	4500.10
➤ H ₂ SO ₄	42500.03	➤ H ₂ SO ₄	80750.05
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2127.94	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	4038.74
➤ Exess HNO ₃	3567.93	➤ Exess HNO ₃	3567.93
<i>Dari T. Make Up</i>			
<i>Katalis:</i>			
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	1910.80		
➤ H ₂ SO ₄	38250.02		
Total	126782.7	Total	126782.7



III. Perhitungan Neraca Massa Tahap Pemurnian

1. Tangki Redissolving (M 320)

Fungsi : Melarutkan asam oksalat untuk memperoleh kemurnian yang lebih tinggi

Jenis : Stirred Tank

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Centrifuge I:</i>		<i>Ke Kristalizer II:</i>	
➤ H ₂ O	1768.17	➤ H ₂ O	40789.79
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43
➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304.38	➤ C ₂ H ₂ O ₄	15112.97
<i>Dari T. Penampung ML II:</i>			
➤ C ₂ H ₂ O ₄	3468.28		
➤ H ₂ O	34360.64		
Total	55946.19	Total	55946.19

2. Kristalizer II (M 330)

Fungsi : Mengkristalkan asam oksalat setelah tahap pemurnian.

Jenis : Batch Cooling Crisitalisation

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari T. Redissolving:</i>		<i>Ke Centrifuge II:</i>	
➤ H ₂ O	40789.79	➤ H ₂ O	36128.81
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43
➤ C ₂ H ₂ O ₄	15112.97	➤ C ₂ H ₂ O ₄	4554.91
		➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14783.36
Total	55510.50	Total	55510.50

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

3. Centrifuge II (H 331)

Fungsi : Memisahkan kristal asam oksalat dari mother liquor. I

Jenis : Centrifuge

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Kristalizer II:</i>		<i>Ke Rotary Dryer:</i>	
▼ H ₂ O	36128.81	▼ H ₂ O	1860,0
▼ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43	▼ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	17,3
▼ C ₂ H ₂ O ₄	4554.91	▼ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	17316,0
▼ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14783.36	<i>Ke T. Pnampung ML II</i>	
		▼ H ₂ O	34360,6
		▼ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	28,5
		▼ C ₂ H ₂ O ₄	4554,9
Total	55510.50	Total	55510.50

4. Tangki Penampung ML II (F 332)

Fungsi : Menampung mother liquor yang akan direcycle ke tangki redissolver

Jenis : Storage Tank

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Centrifuge II:</i>		<i>Ke Redissolving Tank:</i>	
▼ H ₂ O	34360.64	▼ H ₂ O	34360,0
▼ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	28.59	▼ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	28,0
▼ C ₂ H ₂ O ₄	4554.91	▼ C ₂ H ₂ O ₄	4554,0
Total	38944.13	Total	38944,0



IV. Perhitungan Neraca Massa Tahap Pengeringan

1. Dryer (B 410)

Fungsi : Mengeringkan asam oksalat sampai
kemurnian 99,8 %

Jenis : Rotary dryer

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Centrifuge II:</i>		<i>Ke Hammer Mill:</i>	
➤ H ₂ O	1768.17	➤ H ₂ O	14.52
➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	14.84	➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	14.55
➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14783.36	➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69
<i>Dari Utilitas :</i>		<i>Ke Cyclon :</i>	
➤ Udara Panas	21472.51	➤ Udara	21472.51
		➤ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	0.30
		➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	295.67
		➤ Uap Air	1753.65
Total	38038.88	Total	38038.88

2. Separator (H 413)

Fungsi : Memisahkan partikel yang terikat uap dengan uap yang keluar dari Rotary Dryer

Jenis : Cyclon

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Rotary Dryer:</i>		<i>Ke T. Produk :</i>	
↘ Udara	21472.510	↘ Uap H ₂ O	35.07
↘ Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	0.297	↘ Impurities	0.291
↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	295.67	↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	289.75
↘ Uap Air	1753.65	<i>Ke Udara Bebas :</i>	
		↘ Uap H ₂ O	1718.58
		↘ Udara	21472.510
		↘ Impurities	0.006
		↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	5.91
Total	23522.13	Total	23522.13

3. Grinding (C-414)

Fungsi : Mengecilkan ukuran kristal sesuai dengan produk yang diinginkan.

Jenis : Hammer Mill

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Rotary Dryer:</i>		<i>Ke Screen :</i>	
↘ H ₂ O	14.52	↘ H ₂ O	14.52
↘ Impurities	14.55	↘ Impurities	14.55
↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69	↘ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69
<i>Dari Screen :</i>		↘ Kristal yang tertahan	5000.00
↘ Kristal yang tertahan	5000.00		
Total	19516.75	Total	19516.75


4. Screen (H 415)

- Fungsi : Memisahkan kristal asam oksalat sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
- Jenis : Vibrating screen

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Hammer Mill:</i>		<i>Ke Tangki Produk :</i>	
➤ H ₂ O	14.52	➤ H ₂ O	14.52
➤ Impurities	14.55	➤ Impurities	14.55
➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69	➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69
➤ Kristal yang tertahan	5000.00	<i>Ke Hammer Mill :</i>	
		➤ Kristal yang tertahan	5000.00
Total	19516.75	Total	19516.75

5. Tangki Penyimpanan Produk (F 417)

Masuk (Kg)		Keluar (Kg)	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
<i>Dari Screen :</i>		<i>Produk</i>	
➤ H ₂ O	14.52	➤ H ₂ O	14.52
➤ Impurities	14.55	➤ Impurities	14.55
➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69	➤ C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14487.69
<i>Dari Cyclon :</i>		➤ Partikel Solid	325.12
Partikel Solid	325.12		
Total	14841.87	Total	14841.87

The page features a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo watermark in the background. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure and the acronym 'ITS' above it, followed by the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in Indonesian.

BAB IV

NERACA PANAS

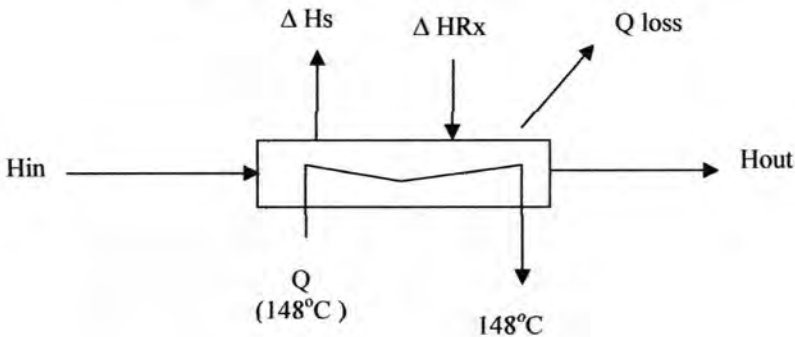
BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	: 34.000.000 kg oksalat/tahun
Feed Masuk	: 50.000 kg kulit pisang/hari
Waktu Operasi	: 330 hari/tahun
Satuan panas	: kcal
Basis waktu	: 1 hari
Suhu referensi	: 25 °C
	298 K

1. Tangki Hidrolisa

Fungsi :

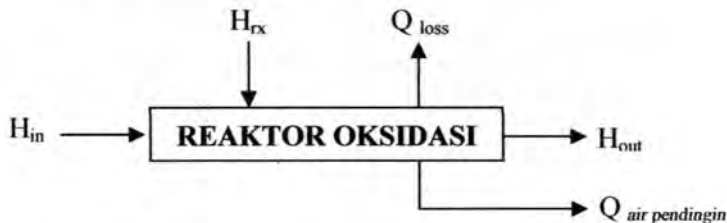
- Memanaskan starch 85% dari bin / penampung dan ML didalam reaktor hidolisa sampai suhu operasi 80°C.
- Menghidrolisa starch menjadi glukosa dengan hidrolisa asam pada suhu 80°C.



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	395429,2864	H out	4258192,402
Q steam	5981006,365	Hs	2356739,958
		Q loss	19771,46432
		H rx	-258268,1736
Jumlah	6376435,651	Jumlah	6376435,651

2. Reaktor Oksidasi

Fungsi : Mengoksidasi glukosa dengan asam nitrat (HNO_3) untuk menghasilkan asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) pada suhu operasi 63°C .

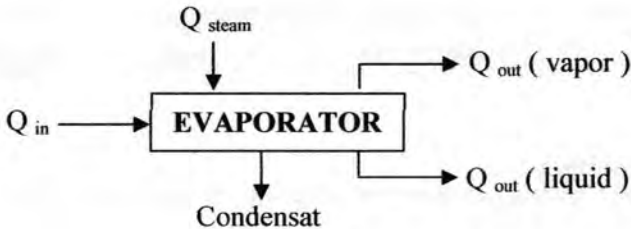


Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	395429,2864	H out	4258192,402
Q steam	5981006,365	Hs	2356739,958
		Q loss	19771,46432
		H rx	-258268,1736
Jumlah	6376435,651	Jumlah	6376435,651



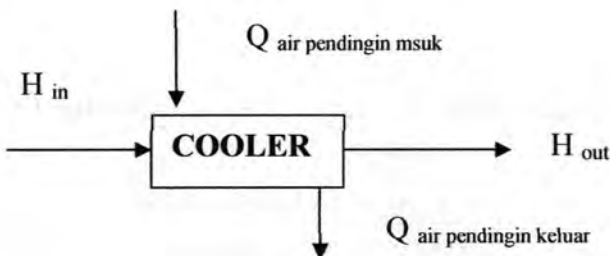
3. Evaporator

Fungsi : Mengurangi kadar H₂O dalam larutan asam oksalat sekaligus menaikkan kadar asam oksalat dalam larutan (pemekatan).



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2801737,94	H out	3910924,14
Q yang disuplai:	1249273,94	Q loss	140086,90
Jumlah	4051011,04	Jumlah	4051011,04

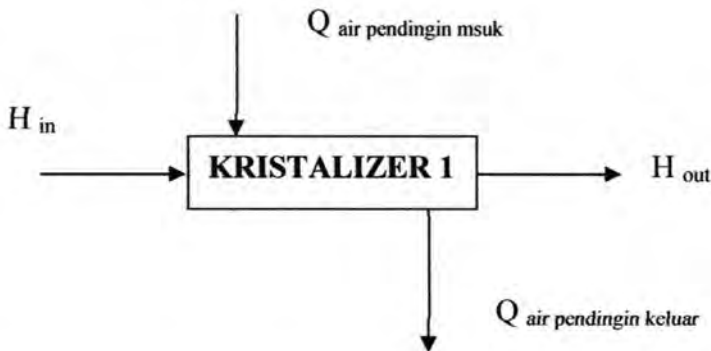
4. Cooler



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	4644157,866	H out	2353039,98
Q air pendingin in	572779,47	Q air pendingin out	2863897,35
Jumlah	4393270,485	Jumlah	5216937,34

5. Kristalizer 1

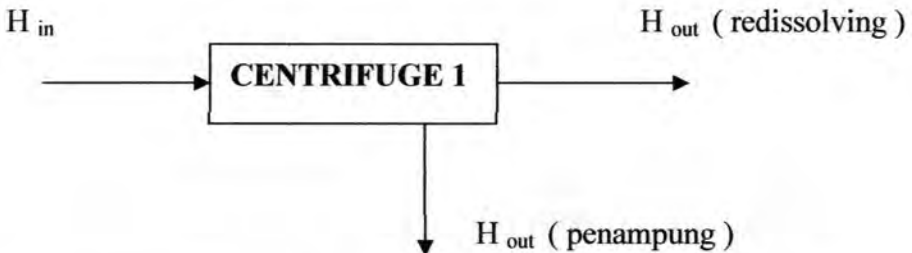
Fungsi : Mengkristalkan larutan asam oksalat yang terbentuk di R.Oksidasi



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2353039,99	H out	299756,8392
Q air pendingin in	513320,79	Q air pendingin out	2566603,93
Jumlah	2866360,77	Jumlah	2866360,77

6. Centrifuge 1

Fungsi : Memisahkan asam oksalat kristal + impurities dengan Mother Liquor.



Dengan asumsi tidak ada Q_{loss} maka perhitungan neraca panasnya adalah :

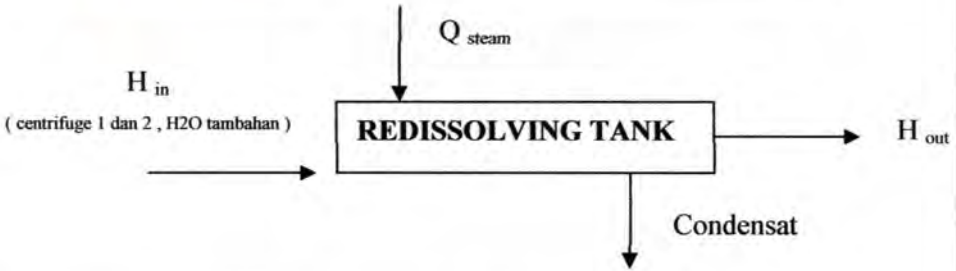
$Q_{\text{masuk centrifuge}} = Q_{\text{keluar centrifuge}} \text{ (redissolving + penampung)}$

sehingga :

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}} = 250381,30 - (40684,3634 + 209696,9385) = 0 \text{ kcal/hari}$$

7. Tangki Redissolving

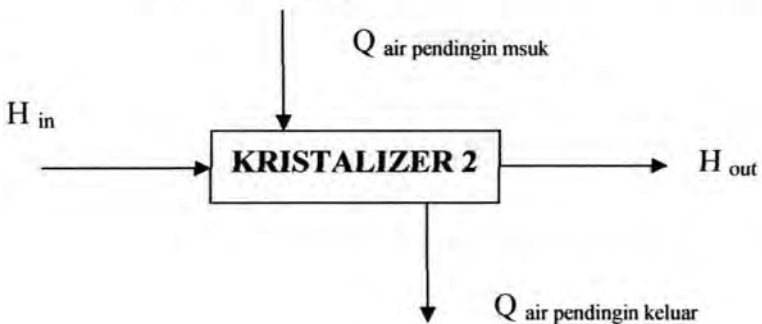
Fungsi : Melarutkan kembali asam oksalat untuk memperoleh kadar asam oksalat yang lebih tinggi pada pengkristalan kedua (kristalizer 2).



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H_{in}	980441,72	H_{out}	2838516,32
Q yang disuplai:	1638476,46	Q loss	63159,99
Jumlah	2901676,31	Jumlah	2901676,31

8. Kristalizer 2

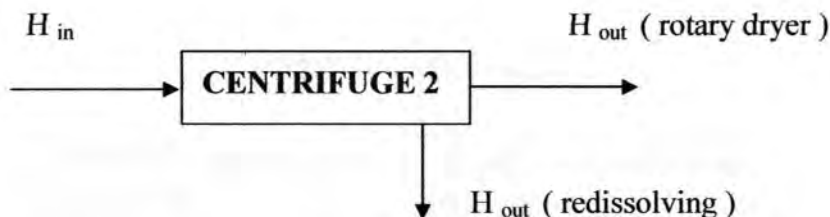
Fungsi : Melarutkan kembali asam oksalat yang kemudian akan dikristalkan untuk memperoleh kadar asam oksalat lebih tinggi.



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2811067,76	H out	1284997,05
Q air pendingin in	2289106,07	Q air pendingin out	3815176,78
Jumlah	5100173,83	Jumlah	5100173,83

9. Centrifuge 2

Fungsi : Memisahkan asam oksalat yang akan masuk Rotary Dryer dan yang akan direcycle ke redissolving tank.



Dengan asumsi tidak ada Q_{loss} maka perhitungan neraca panasnya adalah :

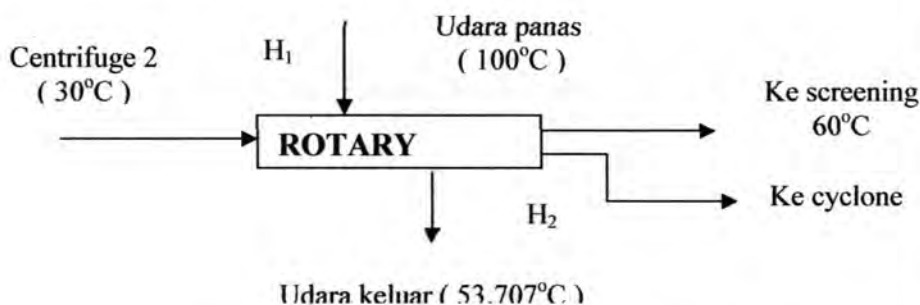
$Q_{masuk\ centrifuge} = Q_{keluar\ centrifuge} \text{ (redissolving + penampung)}$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_{masuk} &= Q_{keluar} = 167092.60 - (135159.29 + 31933.32) \\
 &= 0 \text{ kcal/hari}
 \end{aligned}$$

10. Rotary Dryer

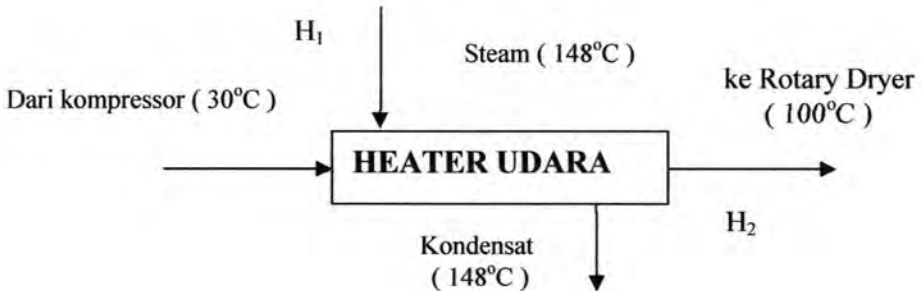
Fungsi : Meringankan asam oksalat (pengurangan H_2O) dari kristalizer 2 dengan dihembuskan udara kering ke dalam Rotary Dryer.



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	41022,13307	H out	251749,4582
Q udara masuk	1926682,576	Q loss	97204,53515
		Q udara keluar	1618750,716
Jumlah	1967704,709	Jumlah	1967704,709

11. Heater Udara

Fungsi : Memanaskan udara kering yang akan dihembuskan menuju Rotary Dryer



Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	25992,95602	H out	389894,3403
Q steam masuk	363901,3843		
Jumlah	389894,3403	Jumlah	389894,3403

BAB V SPESIFIKASI ALAT



BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. Spesifikasi Screw Conveyor :

Fungsi : Memindahkan / mengalirkan feed dari centrifuge ke Rotary Dryer (sebagai alat transportasi).

Kapasitas	: 1837,20 cuft/hari
Panjang	: 30 ft
Power	: 0,19 hp
Kecepatan Putar	: 40 rpm
Diameter	: 6 in
Jumlah	: 1 buah

2. Spesifikasi Rotary Dryer :

Fungsi : Mengurangi kadar air dari 9.78% menjadi 0.3% pada asam oksalat dihidrat.

Diameter (D)	: 2,24 ft = 0,68 m
Panjang (L)	: 17,93 ft = 5,47 m
Kecepatan Putar (N)	: 11,37 rpm
Jumlah flight	: 7 buah
Jarak antar flight	: 1,76 ft = 0,54 m
Tinggi flight	: 0,22 ft = 0,07 m
Power (P)	: 2,51 hp
Waktu tinggal	: 7,27 menit
Tebal shell RD	: 0,1875 in = 0,02 m
Kemiringan RD	: 4,574°



3. Spesifikasi Cyclone :

Fungsi : Menangkap partikel padat (asam oksalat) yang terbawa udara panas keluar dari Rotary Dryer.

Kapasitas : 6,79 ft³/s

Type Cyclone : Effluent dust cyclone

Ukuran Cyclone :

Ac : 13,96 in²

Bc : 3,49 in

Hc : 6,98 in

Dc : 13,96 in

Lc : 27,93 in

Sc : 1,75 in

Jc : 3,49 in

De : 6,98 in

Zc : 27,93 in

4. Spesifikasi Heater Udara :

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk Rotary Dryer.

Type : Shell and Tube

Material : Carbon Steel SA 167 (25 Cr – 20 Ni) grade 10 type 310

Shell side :

ID : 12 in

Baffle space : 12 in

Passes (n) : 2

Press.drop : 3.609 psi

Tube side :

Number (Nt) : 12

Length (L) : 10 ft

OD : 1 1/2 in

BWG : 12 BWG

Pitch : 1 7/8 in (triangular pitch)

Passes (n) : 4

Press.drop : 1.10595 psi

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



BAB VI UTILITAS

BAB VI UTILITAS

Sarana utilitas pada pabrik *Asam Oksalat* antara lain :

1. Air : Berfungsi sebagai air proses, air sanitasi, air pendingin, dan air boiler.
2. Steam : Digunakan dalam tahap Hidrolisa
3. Listrik : Berfungsi sebagai tenaga penggerak peralatan proses maupun untuk penerangan,
4. Udara : Untuk proses pengolahan limbah seperti dalam proses aerasi, oksidasi dan berfungsi sebagai control value (pneumatic control)
5. Bahan bakar : Berfungsi sebagai bahan bakar Boiler.

VI.1. Unit Penyedia Air

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air sungai di sekitar lingkungan pabrik. Dalam pabrik asam oksalat ini, air sungai digunakan untuk keperluan proses produksi antara lain sebagai :

1. Air sanitasi
2. Air pendingin
3. Air proses
4. Air umpan boiler

VI.1.1. Air Sanitasi

Air sanitasi untuk keperluan sanitasi yaitu untuk memasak, mandi, dan mencuci. Syarat air sanitasi meliputi :

a. Fisik :

- suhu : dibawah suhu udara sekitar 30°C
- tidak berbau
- tidak berasa
- kekeruhan < 1 mgr SiO₂ / lt

b. Kimia :

- PH berkisar 6,5 – 8,5
- kesadahan $70 < \text{CaCO}_3$
- Tidak mengandung zat organik, anorganik, dan bahan radioaktif.

c. Biologis :

- Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen.

VI.1.2. Air Pendingin

Syarat air pendingin meliputi :

- Turbidity kurang dari 50 ppm SiO_2
- PH antara 7,5-8,5
- Kadar Fe kurang dari 5 ppm
- Kadar H_2S kurang dari 5 ppm
- Kadar Mg kurang dari 0,5 ppm

Disamping hal tersebut diatas perlu juga diperhatikan bahwa untuk air pendingin juga tidak boleh mengandung minyak yang merupakan makanan mikroba sehingga dapat menyebabkan proses heat transfer terhambat di pabrik fatty alkohol.

Air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- ✓ Air merupakan materi yang mudah didapat.
- ✓ Mudah diatur dan dikerjakan.
- ✓ Dapat menyerap panas yang tinggi persatuan volume.
- ✓ Tidak terdekomposisi.

VI.1.3. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan dalam mendukung proses selama proses berlangsung. Air ini disyaratkan tidak menimbulkan reaksi samping dengan material utama.

Syarat air proses meliputi :

- Kekeruhan rendah

- PH antara 6,5 - 9
- Kadar Cu kurang dari 0,2 ppm
- Kadar Ni kurang dari 0,5 ppm
- Kadar Zn kurang dari 2 ppm
- Kadar Pb kurang dari 1 ppm

VI.1.4 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah :

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.
Disebabkan oleh adanya kandungan larutan asam dan gas-gas terlarut, seperti O_2 dan SO_2 , H_2S .
- Zat-zat yang dapat menyebabkan foaming.
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foam (busa) pada boiler. Karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas yang tinggi.
- Zat-zat yang dapat menyebabkan kerak.
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang bisa berupa garam-garam karbonat dan silika.

Sebelum air dari water treatment digunakan sebagai air pengisi boiler, terlebih dahulu dilakukan treatment menggunakan demind unit. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion positif (Mg^{2+} , Ca^{2+} yang mudah sekali membentuk kerak) dan ion negatif (SiO_2^- yang juga dapat menimbulkan kerak). Kerak ini akan menghalangi proses perpindahan panas sehingga akan menyebabkan over heating yang menyebabkan pecahnya boiler.

Syarat-syarat air umpan boiler :

- pH : 8,5 - 9
- Hardness : 1 ppm sebagai $CaCO_3$
- CO_2 terlarut: 25 ppm

- Fe^{2+} : 0,05 ppm
- Ca^{2+} : 0,4 ppm
- SiO_2 : 0,1 ppm
- Oksigen terlarut : 0,02 ppm
- Cl_2 : 4,2 ppm

VI.2 Perhitungan Kebutuhan Air

VI.2.1. Air Sanitasi

- Asumsi : kebutuhan air untuk seorang karyawan : 0,2 m³/hari
- Jumlah karyawan : 300 orang
- Kebutuhan air untuk 300 karyawan : 60 m³/hari
- Cadangan (10%) : 6 m³/hari
- Total : 66 m³/hari

VI.2.2. Air Pendingin

1. Air Pendingin produk Tangki Hidrolisa = 4846,57 kg/hari
 2. Air Pendingin produk Tangki Oksidasi = 3631598,817 kg/hari
 3. Air pendingin produk Kristallizer I = 86557,68 kg/hari
 4. Air pendingin produk Kristallizer II = 62183,33 kg/hari
 5. Air pendingin produk Cooler = 96469,46 kg/hari
- Total massa air pendingin = 3881655,857 kg/hari
- $\rho \text{ H}_2\text{O}$ pada 30°C = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, Tabel A.2-3)
- Kebutuhan air = $\frac{\text{massa air}}{\rho}$
- $$= \frac{3881655,857}{995,68}$$
- $$= 3898,497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VI.2.3. Air Proses

- Air proses yang dibutuhkan :
- Air pada Reaktor Hidrolisa = 1735,20 kg/hari

Total massa air proses = 1735,20 kg/hari
 Maka kebutuhan air proses = 1735,20 kg/hari

VI.2.4. Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan

Kebutuhan steam :

1. Steam Reaktor Hidrolisa = 12410,72994 kg/hari
2. Steam Reaktor Oksidasi = 3320,838417 kg/hari
3. Steam di Evaporator = 4268,09 kg/hari
4. Steam di Redissolving = 2844,72 kg/hari
5. Steam di Heater Udara Kering = 784,5231957 kg/hari

Total massa steam = 23628,9016 kg/hari

Air yang dibutuhkan = Total massa steam

$$= 23628,9016 \text{ kg/hari}$$

$$= 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$= 23,7314 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk air umpan boiler dan air pendingin digunakan system sirkulasi sehingga make up water pada unit pengolahan air dapat dihitung.

$\rho \text{ H}_2\text{O}$ pada $30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$
 (Geankoplis table A.2)

- Air umpan boiler yang hilang:
 = 20% Total air umpan boiler
 = $0,2 \times 23,7314 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = $4,74628 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Air umpan boiler sirkulasi:
 = 80% Total air umpan boiler
 = $0,8 \times 23,7314 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = $18,98512 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Air pendingin yang hilang:
 = 10% Total air pendingin

$$= 0,1 \times 3898,497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 389,8497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air pendingin yang disirkulasi :

$$= 90\% \text{ Total air pendingin}$$

$$= 0,9 \times 3898,497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3508,6473 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total air yang hilang :

$$= \text{Air umpan boiler yang hilang} + \text{Air pendingin yang hilang}$$

$$= 4,74628 \text{ m}^3/\text{hari} + 389,8497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 394,59598 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Neraca Massa

Air yang digunakan :

$$1. \text{ Air sanitasi} = 66 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$2. \text{ Air pendingin} = 3898,497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$3. \text{ Air proses} = 1,7427 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$4. \text{ Air umpan boiler} = 23,7314 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Total}$$

$$= 66 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3898,497 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,7427 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 23,7314 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3989,9711 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VI.3 Steam

Pada pabrik asam oksalat ini steam mempunyai peranan yang sangat penting, steam yang digunakan adalah steam superheated. Kebutuhan steam untuk pabrik asam oksalat adalah sebagai berikut :

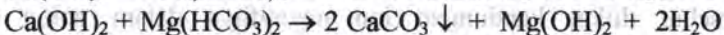
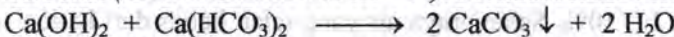
Kode alat	Nama alat	Kebutuhan steam (kg/hari)
R 210	Reaktor Hidrolisa	12410,72994
R 220	Reaktor Oksidasi	3320,838417
V 226	Evaporator	4268,09
M 320	Tangki Redissolving	2844,72
H 420	Heater Udara Kering	784,5231957

VI.4 Proses Pengolahan Air

Proses pengolahan air (water treatment) yang diterapkan dalam Pabrik *Fatty alcohol* dari CCO dengan Proses Hidrogenasi asam lemak ini dimulai dari pengambilan air dari sungai terdekat dengan menggunakan pompa, kemudian air sungai masuk dalam bak pre-sedimentasi, yang berfungsi untuk menyaring zat – zat terlarut (berupa kotoran – kotoran yang melayang) dan juga mengendapkan lumpur-lumpur yang mampu mengendap dengan sendirinya tanpa ada penambahan koagulan, sehingga penggunaan koagulan bisa lebih hemat. Kemudian air dialirkan menuju bak flokulator disertai pengadukan cepat (80 - 100 rpm) dan penambahan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), agar larutan tawas dapat tercampur sempurna dengan air yang diolah.

Tujuan penambahan tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan-gumpalan, air dialirkan ke bagian bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5 - 8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok-flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat (*Diktat Utilitas hal III – 9*). Melalui reaksi berikut :



Kemudian air mengalir secara overflow dengan flowrate yang lambat dalam bak sedimentasi agar flok-flok yang sudah terbentuk tidak rusak. Di bak sedimentasi ini air diberi kesempatan untuk mengendap sebaik mungkin. Air jernih dari bagian atas ditampung dalam bak penampung sementara, kemudian dipompa ke Sand Filter yang berfungsi untuk menangkap partikel – partikel kecil yang tidak dapat diendapkan. Partikel-partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil. Air yang lolos merupakan

air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih.

Dari bak penampung air bersih kemudian dipompa ke bak distributor untuk didistribusikan ke masing-masing unit.

VI.4.1. Air sanitasi

Dari bak penampung, air dipompa menuju bak air sanitasi yang nantinya akan ditambahkan kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) yang berfungsi sebagai desinfektan atau pembunuh kuman.

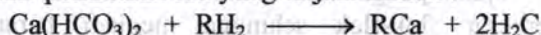
VI.4.2. Air pendingin

Dari bak penampung air dipompa menuju bak air pendingin dan menjadi satu dengan air yang keluar dari cooling tower untuk kemudian dipergunakan lagi sebagai air pendingin.

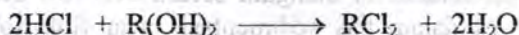
VI.4.3. Air umpan boiler dan air proses

Dari bak air bersih, air dipompa ke softener (kation exchanger) yang berfungsi untuk mengikat ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang masih ada.

Contoh reaksi penukaran ion yang terjadi adalah :



Regenerasi pada “Exchanger” kation adalah dengan menggunakan larutan HCl 8 – 10% atau dengan larutan H_2SO_4 2 – 10%. Selanjutnya air yang telah bebas dari kation tersebut diikat kandungan ion negatifnya dalam anion exchanger.



dan regenerasi resinnya adalah dengan menggunakan larutan NaOH 4 – 6%. Setelah keluar dari softener, air diharapkan memenuhi kualitas air yang diinginkan. Kemudian air tersebut ditampung dalam bak air umpan boiler dan air proses, dalam bak air umpan boiler juga terdapat kondensat dari steam yang



telah digunakan. Kemudian dipompa untuk digunakan sebagai air umpan boiler.

VI.5 LISTRIK

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari berbagai peralatan proses maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik di pabrik fatty alcohol ini diperoleh dari dua sumber, yaitu:

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), digunakan untuk cadangan jika listrik padam atau apabila daya dari PLN tidak mencukupi. Daya yang dihasilkan dari PLTD ini sebesar 250 kVA, 50 Hz.
- b. Perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan sumber listrik utama dari pabrik sorbitol ini. Daya yang diperoleh dari PLN sebesar 2,8 kVA dimana pemakaiannya diturunkan 380 Volt dengan menggunakan trafo step down.

VI.6 BAHAN BAKAR

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik asam oksalat ini ada 2, yaitu minyak IDO (Industrial Diesel Oil) dan solar. Jika minyak IDO tidak mencukupi untuk bahan bakar diesel dan boiler maka digunakan bahan baker solar. Minyak IDO dipompakan ke boiler dengan menggunakan gear pump, dimana kebutuhan untuk minyak IDO sebesar 2000-3000 liter/hari yang diperoleh dari Pertamina.



BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

BAB VII
KESELAMATAN DAN
KESEHATAN KERJA



BAB VII KESELAMATAN PABRIK DAN KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

VII.1. KESELAMATAN PABRIK DAN KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3) SECARA UMUM

A. Usaha-usaha Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja dalam pabrik merupakan faktor penting dan perlu mendapatkan perhatian khusus, karena pengabaian terhadap keselamatan kerja dapat mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan, baik terhadap karyawan maupun peralatan yang digunakan. Dengan terjaminnya kesehatan dan keselamatan kerja dalam pabrik maka produksi dapat berjalan dengan lancar.

Keselamatan kerja merupakan sarana untuk mengendalikan atau mencegah kecelakaan, kebakaran, penyakit akibat kerja atau hal-hal lain yang berkaitan dengan lingkungan kerja.

(P.K.Suma'mur, 1989).

Tujuan keselamatan kerja adalah sebagai berikut :

- Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup.
- Menjamin keselamatan setiap pekerja pada tempat dimana dia kerja.
- Memberikan rasa aman pada setiap pekerja sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja.
- Mengurangi kecelakaan kerja yang menyebabkan cacat, sakit, dan kematian sehingga pembiayaan yang tidak perlu dapat ditekan.



Kerugian-kerugian yang disebabkan kecelakaan antara lain :

- Kerusakan dari peralatan proses
- Keresahan dari pekerja sehingga dapat timbul kekacauan organisasi.
- Berhentinya proses produksi beberapa waktu.
- Timbulnya penyakit, cacat tubuh, dan kematian.

Oleh karena itu, keselamatan kerja perlu diperhatikan, baik oleh karyawan maupun pemilik perusahaan. Keselamatan kerja yang dilaksanakan sebaiknya-baiknya dengan partisipasi pengusaha dan karyawan akan membawa kondisi keamanan dan ketenangan kerja sehingga terjadi hubungan baik antara pengusaha dan karyawan yang merupakan landasan kuat bagi terciptanya keselamatan produksi.

(P.K.Suma'mur, 1989).

Menurut UU No. 1 th 1970 yang dimaksud keselamatan kerja yaitu :

- Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.
- Melindungi sumber-sumber produksi agar terpelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien.
- Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun.
- Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.



Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain :

1. Kecelakaan ringan, yaitu kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, yaitu kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, yaitu kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, yaitu kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

B. Sebab-sebab terjadinya kecelakaan kerja

Kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi pada seseorang disebabkan bahaya yang berkaitan dengan pekerjaannya. Pada pabrik asam oksalat dari kulit pisang dengan proses oksidasi asam nitrat ini, keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian yang mendapatkan perhatian khusus, oleh karena itu pengabaian keselamatan kerja dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Maka dari itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan, menjamin keselamatan setiap orang yang berada di tempat kerja dan memelihara serta menggunakan sumber produksi secara aman dan efisien.

Dalam studi ini P.K.Suma'mur, 1989 menyatakan bahwa bahaya-bahaya yang mungkin dapat menimpa para pekerja adalah sebagai berikut :

1. Bahaya fisik

- Kebisingan diatas 85 dB
- Suhu tinggi/rendah

- Penerangan
 - Ventilasi
 - Tata ruang yang tidak teratur
2. **Bahaya Mekanik**
- Benda-benda bergerak atau berputar
 - Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang

3. **Bahaya Kimia**

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh. Kebutuhan HNO_3 dan gas NO terbentuk pada tahap oksidasi, merupakan bahan beracun dan dapat menyebabkan iritasi. Selain itu, produk asam oksalatnya sendiri juga berbahaya sehingga perlu penanganan khusus. Adapun rincian bahan kimia yang berbahaya menurut MSDS :

Senyawa	Hazard	Keterangan
H_2SO_4	Health = 3	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion, inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system, potential for accumulation, mucous membranes)
	Reactivity = 2 – (Oxidizer)	Incompatibilities, hazardous decomposition product, corrosivity to metals, stability, conditions to avoid

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat


 BAB VII Keselamatan Pabrik & Kesehatan &
 Keselamatan Kerja


HNO_3	Health = 4	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion, inhalation), chronic toxic (skin irritation, mucous membranes)
Fe_2SO_3	Health = 2	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion, inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system, mucous membranes)
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Health = 3	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion, inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system, mucous membranes)
	Flammable = 1	Combustion and thermal decomposition product, explosion, fire extinguish media
NO	Health = 3	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion, inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system, mutagenicity, potential for accumulation, mucous membranes)
CO	Health = 1	Acute toxic (eye contact, skin contact, ingestion,

Pabrik Asam Okalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

		inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system)
CO ₂	Health = 1	Acute toxic (eye contact, skin contact, inhalation), chronic toxic (skin irritation, lung / respiratory system)

4. Bahaya Kebocoran

Kebocoran aliran steam pada proses pembuatan asam oksalat ini merupakan bahaya laten yang harus diwaspadai. Maka dari itu pada perpipaian yang akan dilalui steam hendaknya dilakukan penanganan dan pengawasan khusus. Karena kebocoran pada sistim perpipaian ini akan menimbulkan bahaya yang berakibat fatal, mengingat steam yang digunakan dalam pabrik ini adalah steam bertekanan dan bersuhu tinggi. Kebocoran juga dapat terjadi pada semua sambungan pipa, tangki-tangki penampung reaktor dan heat exchanger. Maka sebaiknya untuk pipa diletakkan diatas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang di bawah tanah, serta dilengkapi dengan fire stop dan drainage (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

5. Bahaya Proses

Dapat terjadi pada hampir semua alat, terutama pada alat utama dalam studi ini, yaitu Reaktor Oksidasi. Kemungkinan yang dapat terjadi, karena bahan kimia yang dimasukkan pada alat ini sangat bahaya terutama



dapat menyebabkan korosi, yaitu HNO_3 . HNO_3 memiliki nilai health = 4 pada MSDS. Oleh karena itu, reaktor tersebut harus diisolasi dengan bahan yang anti korosi. Reaktor ini menggunakan pendingin air. Sehingga jika terjadi kebocoran pada reaktor ini dan kontak dengan pendinginnya, maka akan terjadi reaksi eksplosive. Oleh karena itu, setiap 1 bulan sekali, alat ini harus dicek dengan teliti oleh maintenance, apakah terjadi kebocoran atau tidak. Hal ini sangat diperlukan, agar pabrik ini dapat beroperasi dengan aman dan baik.

C. Alat-alat Pelindung Diri

Menurut Undang-undang Keselamatan kerja No.1 tahun 1970 dalam buku *P.K.Suma'mur, 1989*, untuk mengurangi kecelakaan akibat kerja, maka perusahaan harus menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis perusahaannya masing-masing. Alat pelindung diri yang diperlukan pada pabrik pulp dari serat abaca dengan proses kraft antara lain :

1. Pelindung kepala

Alat pelindung kepala berfungsi untuk melindungi kepala dari jatuhnya alat-alat industri serta benturan-benturan benda keras. Alat yang biasa digunakan adalah :

- Safety Helmet : Melindungi kepala dari benturan. Digunakan pada semua unit.
- Acid Head : Melindungi kepala dari bahan kimia khususnya HNO_3 . Digunakan pada unit reaktor, unit penyimpanan HNO_3 .

2. Pelindung mata

Secara alami manusia telah dilengkapi dengan berbagai pelindung, namun pelindung ini kurang mampu melindungi mata dan polusi yang terdapat di sekitar bahan-bahan kimia dan partikel-partikel halus lainnya. Selain itu alat pelindung mata dapat melindungi mata dari percikan bahan-bahan korosif, gas atau steam yang dapat menyebabkan iritasi pada mata. Secara umum bentuknya dapat dibedakan atas :

- **Googles** : kaca mata pengaman terhadap debu.
Digunakan pada unit crusher, belt conveyor dan bucket elevator
- **Tameng muka** : digunakan pada unit reaktor.

3. Pelindung telinga

Alat pelindung telinga bekerja sebagai penghalang antar sumber bunyi dan telinga bagian dalam. Selain berfungsi untuk melindungi telinga karena kebisingan yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran sementara maupun permanen, alat pelindung telinga juga dapat melindungi telinga dari percikan api atau semburan gas tekanan tinggi.

- **Ear muff** : Melindungi telinga dari suara bising di atas 95dB.
Digunakan disekitar crusher dan reaktor.
- **Ear plug** : Melindungi telinga dari suara bising kurang dari 95 dB.
Digunakan di area pompa, belt dryer, dan sentrifuge.



4. Pelindung tangan

Berfungsi untuk melindungi tangan dari bahan-bahan panas, iritasi, korosif, dan arus listrik. Alat yang biasa digunakan adalah :

- Sarung tangan karet : Melindungi tangan dari bahan kimia
- Sarung tangan asbes : Melindungi tangan dari panas. Digunakan disekitar reaktor dan tangki HNO_3 .

5. Pelindung kaki

Alat ini berfungsi untuk melindungi kaki dari jatuhnya benda-benda keras, terpercik aliran panas atau larutan HNO_3 yang iritatif. Alat pelindung kaki ini berupa sepatu yang terbuat dari bahan plastik. Alat ini digunakan disemua area pabrik.

6. Pelindung pernafasan

Terdapat dua jenis alat pelindung pernafasan :

- Full face masker : Pelindung muka dan pernafasan dari gas-gas kimia. Digunakan disekitar area reaktor dan tangki HNO_3 .
- Half Masker : Melindungi muka dari debu kurang dari 10 mikron dan gas tertentu. Digunakan disekitar area Belt Conveyor dan Bucket Elevator.

7. Safety Belt

Digunakan untuk pekerja yang bekerja ditempat tinggi dan melindungi diri dari bahaya jatuh.

Selain itu pabrik asam oksalat ini dilengkapi dengan fasilitas pemadam kebakaran.

Fasilitas pemadam kebakaran antara lain :

1. Tangki penampung air 1-3, kapasitasnya 300 m^3
2. Satu fire jockey pump bertekanan 3 kg/cm^2
3. Dua hydrant pump bertekanan 7 kg/cm^2
4. Sebuah foam tank bertekanan $1,8 \text{ m}^3$
5. Empat foam hydrant
6. Empat water hydrant

VII.2. KESELAMATAN PABRIK DAN KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3) SECARA KHUSUS

A. Usaha-Usaha Keselamatan Kerja

Menurut *P.K.Suma'mur, 1989*, untuk menghindari bahaya-bahaya tersebut maka dilakukan usaha-usaha pencegahan dan pengamanan yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing unit di Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan proses Oksidasi Asam Nitrat yaitu :

1. Bangunan Fisik

Yang meliputi bangunan pabrik. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- ✓ Konstruksi bahan bangunan yang digunakan.
- ✓ Bangunan yang satu dengan yang lainnya dipisahkan dengan jalan yang cukup lebar dan tidak ada jalan buntu.
- ✓ Terdapat dua jalan keluar dari bangunan.
- ✓ Adanya peralatan penunjang untuk pengamanan dari bahaya alamiah seperti petir dan angin.

2. Reaktor

- ✓ Pemasangan rambu peringatan daerah berbahaya disekitar reaktor.

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

- ✓ Pemakaian sarung tangan, masker untuk para pekerja bagian reaktor.
- ✓ Untuk mencegah terjadinya overstressing, dilakukan pengetesan tekanan dan temperatur setelah pembersihan.

3. Perpipaan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- ✓ Perpipaan diletakkan diatas permukaan tanah agar mudah penanganannya apabila terjadi kebocoran.
- ✓ Dipasang safety valve untuk mengatasi apabila terjadi kebocoran.
- ✓ Dilakukan tes hidrostatis sebelum pipa-pipa dipasang agar tidak terjadi stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu.

4. Isolasi

Dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kebakaran pada instalasi listrik dan sebagai safety pada alat-alat yang menimbulkan panas selama proses berlangsung, juga pada kabel-kabel instrumentasi dan kawat-kawat listrik di area yang memungkinkan terjadinya kebakaran dan ledakan.

5. Ventilasi

Fungsi dari ventilasi adalah untuk sirkulasi udara baik di dalam ruangan maupun pada bangunan lainnya sehingga keadaan dalam ruangan tidak terlalu panas. Hal ini dapat menciptakan kenyamanan kerja serta dapat memperkecil bahaya keracunan akibat adanya gas-gas yang keluar akibat kebocoran.



6. Sistem Alarm Pabrik

Sistem alarm pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya sehingga bila terjadi bahaya sewaktu-waktu dapat segera diketahui oleh para karyawan.

B. Karyawan

Pada karyawan diberi bimbingan dan pengarahan agar karyawan melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun orang lain, serta berlangsungnya proses produksi. Bimbingan berupa kursus-kursus safety dan juga pendisiplinan dalam pemakaian alat pelindung diri, serta memberikan suatu penghargaan terhadap karyawan teladan.

(P.K.Suma'mur, 1989).

VII.3. KESELAMATAN PABRIK DAN KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3) PADA MASING-MASING ALAT

1. Alat-Alat Utama

❖ Reaktor

- ✓ Memberikan alat kontrol dan pengendali berupa temperatur controller, pressure indicator dan level indicator controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- ✓ Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alat maupun pipa-pipa.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki, dan alat pelindung badan, karena suhu di sekitar reaktor sangat panas.



- ✓ Setiap orang tidak boleh terlalu dekat dengan reaktor sehingga diberikan radius minimal bagi operator serta diberi pagar pembatas dan isolator pada alat.

❖ **Rotary Crussher**

- ✓ Level suara dibatasai maksimal 85 dB.
- ✓ Karena rotary crusher adalah tempat dimana kulit pisang dihancurkan, sehingga kemungkinan terjadinya kerak sangat besar. Karena itu setiap 1 tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak dan mengantisipasi korosi pada alat maupun pipa-pipa serta pengecekan berkala oleh petugas K-3.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki, dan alat pelindung telinga di sekitar rotary crusher karena alat ini mengeluarkan suara keras untuk menghancurkan kulit pisang.

❖ **Kristallizer**

- ✓ Memasang alat control dan alat pengendali berupa temperatur indikator controller, selain itu dipasang flow indicator controller untuk mencatat dan mengatur debit aliran CW yang diperlukan agar penggunaan CW dapat lebih efektif.
- ✓ Selain itu setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alat maupun pipa-pipa.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung tangan, alat pelindung kepala dan alat pelindung kaki.



❖ **Tangki Redissolving**

- ✓ Memasangkan alat control dan alat pengendali berupa temperatur indikator controller, selain itu dipasang flow indicator controller untuk mencatat dan mengatur debit aliran air pelarut yang diperlukan agar penggunaan air pelarut dapat lebih efektif.
- ✓ Selain itu setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alat maupun pipa-pipa.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung tangan, alat pelindung kepala dan alat pelindung kaki.

❖ **Rotary Dryer**

- ✓ Proses utama pada rotary dryer adalah pengurangan kadar air, selain itu juga banyak steam yang disuplai, sehingga kemungkinan terjadinya kerak sangat besar. Karena itu setiap 1 tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak dan mengantisipasi korosi pada alat maupun pipa-pipa serta pengecekan berkala oleh petugas K-3.
- ✓ Sedangkan kandungan air maupun kondensat yang dihasilkan dapat menyebabkan korosi dan kerak pada alat, maka pencegahannya antara lain dengan melakukan pembersihan alat dari kerak dan korosi yang dilakukan setiap tahun sekali disaat pabrik shut down.
- ✓ Memberikan alat control dan pengendali berupa temperatur controller, pressure indicator, dan level indicator controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- ✓ Untuk operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, alat pelindung



kaki, dan alat pelindung badan, karena suhu disekitar dryer tinggi.

2. Alat-Alat Pembantu

❖ Pada Tangki Penampung

- ✓ Karena bahan yang ditampung berupa slurry yaitu bubur kulit pisang, maka harus dilengkapi dengan sistem pengamanan berupa pemberian label dan spesifikasi bahan.
- ✓ Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alta serta pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, dan alat pelindung kaki.

❖ Pada Tangki Penyimpanan HNO_3

- ✓ Karena bahan yang disimpan sangat berbahaya yaitu HNO_3 , maka harus dilengkapi dengan alat control dan pengendali berupa level indicator controller, pressure indicator, dan temperatur controller karena HNO_3 tidak boleh disimpan di atas 23°C .
- ✓ Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alta serta pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, dan alat pelindung kaki.

- ❖ **Pada Tangki Penyimpanan H_2SO_4**
 - ✓ Karena bahan yang disimpan sangat berbahaya yaitu H_2SO_4 , maka harus dilengkapi dengan alat control dan pengendali berupa temperatur controller, pressure indicator, dan level indicator controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
 - ✓ Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alta serta pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
 - ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, dan alat pelindung kaki.
- ❖ **Pada Tangki Penyimpanan $Fe_2(SO_4)_3$**
 - ✓ Karena bahan yang disimpan sangat berbahaya yaitu $Fe_2(SO_4)_3$, maka harus dilengkapi dengan alat control dan pengendali berupa level indicator controller, pressure indicator, dan temperatur controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
 - ✓ Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alta serta pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
 - ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, dan alat pelindung kaki.
- ❖ **Pada Pompa**
 - ✓ Pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa dan karakteristik pompa disesuaikan dengan bahan yang akan dialirkan.



- ✓ Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

❖ **Pada Screw Conveyor**

- ✓ Untuk operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan dan alat pelindung kaki.
- ✓ Dilakukan pengecekan secara bertahap karena bahan-bahan yang berbentuk slurry dapat menyumbat screw conveyor dan dapat mengurangi kinerja dari screw conveyor dan harus dilakukan pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

❖ **Pada Sistem Perpipaan**

- ✓ Dilakukan pengecatan secara bertahap pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa bercat merah sedangkan aliran fluida dingin digunakan pipa bercat biru.
- ✓ Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
- ✓ Penempatan perpipaan harus aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja dan karyawan.

❖ **Pada Heat Exchanger**

- ✓ Pada area Heat Exchanger harus dilengkapi dengan isolator untuk menghindari radiasi panas tinggi.
- ✓ Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung badan, karena suhu disekitar Heat Exchanger sangat tinggi.

BAB VII Keselamatan Pabrik & Kesehatan & Keselamatan Kerja

- ✓ Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

3. Pada Area Pabrik

- Menyediakan jalan diantara plant satu dengan yang lainnya untuk kelancaran transportasi bahan baku, produk, dan para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misalnya : kebakaran).
- Menyediakan hydrant disetiap plant untuk menanggulangi dan pencegahan awal jika terjadi kebakaran/peledakan.
- Memasang alarm disetiap plant sebagai tanda peringatan adanya keadaan darurat.
- Menyediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

BAB VIII INSTRUMENTASI

BAB VIII INSTRUMENTASI

Dalam perencanaan suatu pabrik, suatu alat atau *instrumentasi* merupakan suatu bagian yang memegang peranan yang sangat penting karena dengan adanya system informasi tersebut maka bagian-bagian yang penting dari pabrik yang memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik. Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi, juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya.

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik adalah sebagai berikut :

1. Untuk menjaga suatu proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara :
 - Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara interlock otomatis jika kondisi kritis muncul.
 - Menjaga variabel-variabel proses berada pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
 - Menjaga kualitas berada dalam standart yang ditetapkan.
 - Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lain.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja.
4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam standart yang telah ditetapkan.

Alat-alat control yang digunakan pada masing-masing unit pabrik *Asam Oksalat* antara lain adalah LC (*Level Control*), FC (*Flow Control*), PC (*Pressure Control*), dan TC (*Temperature Control*), untuk alat kontrol tiap - tiap alat sebagai berikut :

1. Reaktor Hidrolisa

Proses dalam reaktor hidrolisa adalah batch, sedangkan alat control dalam reaktor hidrolisa adalah :

- TC (Temperatur Control) yang digunakan untuk mengontrol suhu operasi pada proses pendinginan . Cara kerja dari control ini adalah jika suhu dalam reactor naik maka alat control memberikan sinyal pada valve air pendingin untuk membuka lebih besar sehingga laju air pendingin semakin besar. Untuk laju bahan masuk dan keluar tidak dibutuhkan control karena proses yang digunakan batch, pengaturan secara manual dapat mengatasi masalah.
- L I (Level Indikator), control ini digunakan untuk mengindikasikan apabila ketinggian bahan yang dimasukkan sudah sesuai dengan yang diinginkan pada reactor Hidrolisa.

2. Reaktor Oksidasi

Proses yang terjadi dalam reactor oksidasi hampir sama dengan yang terjadi dalam reactor hidrolisa . Pada proses ini kontroler yang digunakan adalah :

- TC (Temperatur Control) yang digunakan untuk mengontrol suhu operasi pada proses pendinginan. Cara kerja dari control ini adalah jika suhu dalam reactor naik alat control memberikan sinyal pada valve air pendingin untuk membuka lebih besar sehingga laju air pendingin semakin besar.
- LI (Level Indikator), control ini digunakan untuk mengindikasikan apabila ketinggian bahan yang



dimasukan sudah sesuai dengan yang diinginkan pada reactor Hidrolisa.

3. Kristalizer

Proses yang terjadi dalam kristalizer adalah pendinginan bahan dari reactor oksidasi dari suhu $63^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. Untuk menjaga suhu tetap pada 30°C dibutuhkan control yaitu TC (Temperature Control). Jika suhu kristalizer naik, TC memberikan sinyal kepada valve untuk membuka valve lebih besar. Begitu pula sebaliknya jika suhu kristalizer semakin turun TC memberikan sinyal pada valve untuk memperkecil aliran brine.

4. Redissolving Tank

Proses yang terjadi dalam Redissolving tank adalah pelarutan kembali asam oksalat dengan mother liquor dari centrifuge II pada suhu 65°C . Bahan dipanaskan mulai suhu kamar hingga mencapai suhu 65°C . Jika suhu yang diinginkan sudah tercapai, valve steam menutup dengan sendirinya. Untuk melakukan kerja tersebut diperlukan alat yang disebut TC (Temperature Control)

5. H.E

Setiap H.E. yang digunakan dalam proses ini menggunakan alat control TC. Jika suhu yang diinginkan sudah tercapai dengan sendirinya valve dari steam atau air pendingin tertutup.

6. Evaporator

Pada evaporator dipasang alatkontrol TC dan PC. TC digunakan untuk mengontrol suhu di dalam evaporator agar sesuai dengan kondisi operasi. Jika suhu yang diinginkan



sudah tercapai dengan sendirinya valve dari steam atau air pendingin tertutup.

Sedangkan PC digunakan untuk mengontrol tekanan vakum dalam evaporator agar sesuai dengan yang dikehendaki.

7. Alat control FC

Alat control FC dipasang pada alat yang berkerja secara kontinu seperti centrifuge dan penambahan air proses. Alat FC dipasang pada pipa, jika laju alir yang diinginkan tercapai, dengan sendirinya valve tertutup.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, surrounded by the text 'ITS' and 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH

INDUSTRI KIMIA

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Setiap kegiatan industri mempunyai potensi untuk menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Proses produksi dalam pabrik *asam oksalat* menghasilkan limbah padat, cair dan gas. Dalam era seperti sekarang ini regulasi pemerintah tak hanya mengikat pada kualitas produk yang diproduksi, tetapi juga pada pengolahan limbah yang ada dalam industri tersebut. Hal itu dirasa penting karena banyak dari unsur-unsur yang terlibat dalam proses industri merupakan unsur-unsur yang berbahaya. Apabila limbah tersebut tidak diolah terlebih dahulu, maka akan mengakibatkan pencemaran sehingga dapat menurunkan kualitas sungai dan merugikan ekosistem yang ada di sekitarnya. Karena itu perlu dibentuk suatu sistem dan standar pengolahan limbah dalam industri ini.

Unit pengolahan limbah di pabrik *asam oksalat* mempunyai tujuan untuk :

1. Mengurangi kadar polutan dalam air limbah sehingga tidak menimbulkan pencemaran dan mampu didegradasi oleh alam.
2. Melindungi ekosistem air dari dampak kekurangan oksigen akibat tertutupnya permukaan air oleh minyak.
3. Menghindari timbulnya penyakit atau gangguan kesehatan.
4. Mencegah timbulnya bau yang tidak enak.
5. Sebagai salah satu upaya untuk *me-recover* unsur-unsur yang masih berguna untuk proses yang terkait.

Limbah yang dihasilkan dalam pabrik ini ada tiga macam, yaitu :

1. Limbah padat
Limbah padat ini berasal dari :



- Proses pemurnian starch pada Rotary Drum Filter.
Limbah yang dihasilkan adalah berupa padatan berisi impurities pati yang mengandung protein, lemak, abu, setar dan sedikit air terikut.
- Proses pengeringan kristal pada rotary dryer
Limbah padat yang dihasilkan berupa debu dari pecahan kristal asam oksalat yang ditangkap oleh cyclone

2. Limbah cair

Sedangkan limbah cair pada pabrik pembuatan asam oksalat ini berasal dari :

- Proses pemisahan pada *Centrifuge*.
Pada Centrifuge I dan II bertujuan untuk memisahkan kristal asam oksalat dengan mother liquornya. Mother liquor merupakan limbah cair yang mengandung asam oksalat, asam asam sulfat (katalis), ion Fe^{3+} dan air.
- Proses pemanasan dan pendinginan pada Heater dan Cooler.
Limbah cair yang dihasilkan dalam proses ini berupa kondensat yang bersifat non-polutan.
- Bahan pelumas alat-alat seperti oli.

3. Limbah gas.

Limbah gas berasal dari :

- Proses oksidasi glukosa menjadi asam oksalat.
Limbah gas yang dihasilkan adalah gas NO (oxida nitrogen) yang merupakan peoduk samping dalam proses oksidasi glukosa menjadi asam oksalat dengan oksidator asam nitrat.
- Proses dekomposisi asam oksalat pada Tangki Oksidasi.
Pada proses oksidasi (secara batch) sebagian asam oksalat yang akan terdekomposisi menjadi gas CO

dan CO₂ dan gas-gas tersebut merupakan limbah gas dari proses oksidasi juga.

Proses pengolahan limbah yang dilakukan pada pabrik asam oksalat antara lain:

1. Limbah Padat.

- a. Limbah padat yang berasal dari proses pemurnian starch (pati)

Impurities pati yang menjadi limbah tidak langsung dibuang kesungai, karena dapat menyebabkan sungai tercemar selain itu impurities pati adalah bahan yang sangat berharga dan mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Kandungan impurities pati yang berharga adalah lemak dan protein. Pengolahan yang harus dilakukan terhadap limbah padat yang terbentuk, adalah:

- Menampung limbah yang terbentuk pada tangki penampung yang telah disediakan, kemudian dijual pada industri germ oil.
 - Dapat dikirim kemasyarakat atau ke produsen pembuatan pupuk tanaman, karena cake ini dapat digunakan sebagai bahan pencampur untuk pembuatan pupuk tanaman.
- b. Limbah padat yang berasal dari proses pengeringan kristal (rotary dryer).

Limbah padat ini berupa debu yang berasal dari pecahan kristal asam oksalat yang dikeringkan. Untuk mengambilnya kembali maka dipasang cyclone pada Rotary Dryer, sehingga debu kristal asam oksalat tersebut dapat diambil kembali. Kristal kecil tersebut dapat langsung diikutkan pada produk yang akan dipacking.

2. Limbah Cair.

- a. Limbah cair yang berupa mother liquor yang masih mengandung bahan-bahan yang masih digunakan selama proses direcycle kembali ke dalam proses agar tidak menjadi
-



limbah. Dimana sebelum direcycle, mother liquor tersebut telah ditreatment lebih lanjut seperti melalui proses evaporasi dan make-up ion Fe^{3+} .

- b. Limbah cair yang terbentuk dari proses pemanasan dan pendinginan (Heather dan Cooler) yang bersifat non polutan seperti air kondensat dapat direuse dengan mengalirkan kecooling tower untuk mengikat oksigen dari udara bebas sehingga dapat digunakan kembali untuk air umpan boiler. Sehingga air tidak langsung dibuang tetapi dimanfaatkan kembali.
- c. Sedangkan limbah cair seperti solar dan oli yang berasal dari alat-alat proses setelah dilakukan proses pemisahan dari air dapat digunakan kembali.

3 Limbah Gas.

Gas yang dihasilkan dalam proses pembuatan asam oksalat dari tepung garut dengan proses oksidasi asam nitrat adalah gas CO , CO_2 dan NO .

- a. Limbah gas yang berasal dari proses oksidasi yaitu gas NO (oxida nitrogen).

Gas NO yang dihasilkan direaksikan dengan O_2 untuk menghasilkan gas NO_2 , setelah itu gas NO_2 diabsorpsi dengan air untuk menghasilkan asam nitrat. Asam nitrat yang dihasilkan dapat digunakan untuk memenuhi sebagian kebutuhan asam nitrat pada proses oksidasi. Recovery gas NO_2 ini dapat menghemat biaya untuk pembelian asam nitrat.

- b. Limbah gas yang berasal dari proses dekomposisi asam oksalat, yaitu gas CO dan CO_2 .

Gas yang telah dihasilkan ditampung pada tangki penampung gas dan dijual pada industri pembuatan Dry Ice dan industri minuman bersoda.

Pengolahan limbah yang ada pada pabrik pembuatan asam oksalat dari tepung garut dengan proses oksidasi asam nitrat bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dan mengurangi kualitas dari kandungan limbah yang dihasilkan, sehingga tidak mencemari lingkungan dan sedapat mungkin dapat digunakan kembali baik oleh pihak pabrik maupun oleh masyarakat sekitar.

BAB X KESIMPULAN

BAB X
KESIMPULAN

BAB X KESIMPULAN

Asam oksalat merupakan salah satu anggota dari golongan asam karboksilat yang mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4$. Nama lain asam oksalat adalah asam etanedioic. Asam oksalat mempunyai karakteristik tidak berbau, higroskopis dan berwarna putih. Asam oksalat diproduksi secara komersil dalam bentuk kristal dihidrat ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$) dengan berat molekul 126,07 berwarna putih.

Pembuatan asam oksalat dari karbohidrat dengan proses oksidasi asam nitrat secara garis besar dibagi menjadi empat tahap yaitu (1) Tahap Pre-Treatment, (2) Tahap Reaksi, (3) Tahap Pemurnian, (4) Tahap Pengeringan. Proses yang terjadi pada pre-treatment adalah proses hidrolisa dengan tujuan membentuk glukosa dari starch (pati) dan memisahkan filtrat dari cake dengan menggunakan Rotary Drum Filter. Starch yang dimurnikan mempunyai kemurnian 85 % wt starch dan 15 % wt air. Slurry tersebut diumpankan kedalam proses selanjutnya yaitu proses reaksi. Proses yang terjadi pada reaksi yaitu proses oksidasi yang bertujuan mengoksidasi glukosa dengan menggunakan asam nitrat (HNO_3) untuk menghasilkan asam oksalat.

Suhu operasi reaksi hidrolisa adalah $80^\circ C$. Setelah 6 jam semua starch berubah menjadi glukosa. Glukosa yang terbentuk dialirkan ke reactor oksidasi untuk dioksidasi dengan asam nitrat. Hasil oksidasi ini adalah asam oksalat, gas NO_x , dan air. Proses ini terjadi di dalam tangki berpengaduk dan berjaket. Kondisi operasi untuk reaksi ini adalah $70^\circ C$. Asam oksalat yang terbentuk selanjutnya mengalami proses pemurnian yaitu proses pengkristalan dengan suhu $30^\circ C$ pada kristaliser. Setelah mengalami pengkristalan, kristal asam oksalat dipisahkan dari

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



ML-nya dengan menggunakan centrifuge I. Untuk mencapai kemurnian 99 % dan memaksimalkan jumlah kristal yang terbentuk, kristal dilarutkan pada suhu 65°C ke dalam Redissolving Tank., yang kemudian dikristalkan kembali sampai suhu 30°C. Kristal asam oksalat yang terbentuk dipisahkan dari mother liquornya di dalam centrifuge. Mother liquor kedua direcycle ke tangki redissolving dan kristal asam oksalat kedua dikeringkan dalam rotary dryer. Produk akhir asam oksalat dihidrat mempunyai spesifikasi 99,8% asam oksalat, 0,1 air dan 0,1% impuritis. Untuk memproduksi asam oksalat dengan kapasitas 4898 ton / tahun dibutuhkan :

- ✓ Kulit pisang : 50000 kg / hari
- ✓ HNO₃ 65 % : 23786,20 kg / hari
- ✓ Ion Fe³⁺ : 1954,23 kg / hari

Kebutuhan bahan-bahan utilitas adalah :

- ✓ Air pendingin : 3443125,31 kg / hari
- ✓ Steam : 55141,19 kg / hari
- ✓ Air proses : 41454,17 kg / hari
- ✓ Air sanitasi : 22000 kg / hari

Komposisi produk asam oksalat dehydrate :

- ✓ C₂H₂O₄.2H₂O : 99,8 %
- ✓ H₂O : 0,1%
- ✓ Ion Fe³⁺ : 0,1 %

DAFTAR NOTASI

DAFTAR NOTASI

NOTASI	KETERANGAN	SATUAN
m	Massa	kg
BM	Berat molekul	kg/mol
Cp	Kapasitas panas	kkal/kg°C
T	Temperatur	°C, K
Q	Panas	kkal
λ	Panas latent	kkal/kg°C
H	Entalphy	kkal
ρ	Densitas	kg/m ³
V	Volume	m ³
D	Diameter	ft
P	Tekanan	atm

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Austin, G.T., "Shreeves, Chemical Process Industries", 5th ed, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1984.
2. Badan Pusat Statistik, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor-Import", Vol.I, CV. Nurvuta Karya Indah, Jakarta, 2000.
3. Badger, Walter L, "Introduction Chemical Engineering", International Student Edition, McGraw-Hill, 1984.
4. Brownel, L.E., & Young, E.H., "Process Equipment Design", John Willey & Sons, Inc., New York, 1959.
5. E. Hugot, "Hand Book of Cane Sugar Engineering", 2nd, American Elsevier Publishing Co., New York, 1972.
6. Faith, W.L., Keyes, D.E., and Carlk, R.L., "Industrial Chemical", second edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1957.
7. Geankoplis, C.J., "Transport Processes and Unit Operation", 4th ed, Prentice Hall Inc., New York, 1993.
8. Hougen, D.A., & Watsonm K.M., "Chemical Process Principles", Part I, 2nd ed, John Willey & Sons, Inc., New York, 1959.
9. J.M., Coulson and J.F., Richardson, "Chemical Engineering", vol 16, Pergamon Press, Oxford., 1983.
10. John. A. Dean, "Lange's Hand Book of Chemistry", Eleventh edition, McGraw-Hill, 1934.
11. Joshi, M.V, "Process Equipment Design", National Book Trust.
12. Kern, D.Q., "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Book Co-Singapore, Singapore, 1965.
13. Kirk-Othemer, "Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 15-16, 3rd, John Willey & Sons, Inc., Canada, 1983.
14. Kirk-Othemer, "Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 14, 2nd ed, John Willey & Sons, Inc., Canada, 1976.
15. Ludwig, Ernest E, " Design for Chemical and Petrochemical Plants", Gulf Publishing Company, Texas.

16. Mc. Ketta, & John. J., "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", Marcel Dekker, Inc., USA, 1976.
17. P.H. Groggin, "Unit Processes In Organic Chemistry", 5th ed Chemical Engineer Technical Advisor, Food Machinery & Chemical Corporation Author of "Aniline and its Derrivative and Chemical and Food Production, McGraw-Hill Book Company, 1958.
18. Perry, J.H., & Chilton, CH., "Chemical Engineers' Handbook", 5th ed, 6th ed, 7th ed, McGraw-Hill Book Company, 1958.
19. Peters, M.S., & Timmerhaus, K.D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4th ed., McGraw-Hill, Inc., Singapore, 1991.
20. Tjokroadikoesoemo, Soebiyanto.P, "HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya", PT. Gramedia Pustaka Tama, Jakarta, 1993.
21. Ulrich, G.D., "A Guide to Chemical Engineering Process and Economic", John Willey & Sons, Inc., New York, 1984.



LAMPIRAN

APPENDIKS A
NERACA MASSA

Produksi Asam oksalat	: 34000000 Kg $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ / Tahun (<i>BPS</i>)
Waktu Operasi	: 330 hari / tahun : 24 jam / hari
Satuan massa	: Kg
Temperatur reference	: 25°C

1. Penyimpanan

Fungsi	: Menampung kulit pisang kering
Jenis	: Silo

Tabel massa komponen:

komposisi	% Berat	Masuk (Kg)
pati	20.400%	10200.00
protein	0.350%	175.00
Lemak	2.330%	1165.00
Ca	0.790%	395.00
P	0.130%	65.00
Fe	0.00200%	1.00
Vit B	0.00010%	0.05
Vit C	0.0190%	9.50
Air	76%	37990.00
Total	100%	50000.55

(Literatur : Mujahidin)

Pabrik hanya menerima kulit pisang dengan kandungan air 5 %, maka massa air dalam kulit pisang yang masuk pabrik = 2500.00 kg/hari

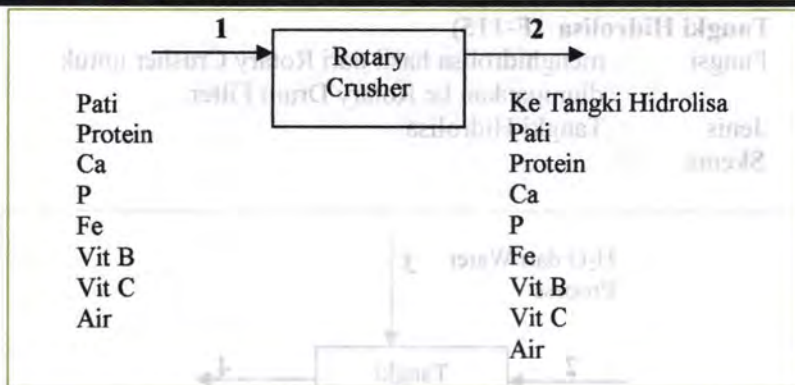
komposisi	% Berat	Masuk (Kg)
pati	20.400%	10200.00
protein	0.350%	175.00
Lemak	2.330%	1165.00
Ca	0.790%	395.00
P	0.130%	65.00
Fe	0.00200%	1.00
Vit B	0.00010%	0.05
Vit C	0.0190%	9.50
Air	5.0000%	2500.00
Total	29%	14510.55

2. Crusher (C-110)

Fungsi : Menghancurkan kulit pisang kering.

Jenis : Rotary Crusher

Skema :



Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komposisi	Masuk (Kg)	Keluar (Kg)
	Aliran 1	Aliran 2
Pati	10200.00	10200.00
Protein	175.00	175.00
Lemak	1165.00	1165.00
Ca	395.00	395.00
P	65.00	65.00
Fe	1.00	1.00
Vit B	0.05	0.05
Vit C	9.50	9.50
Air	2500.00	2500.00
Σ	14510.55	14510.55
Total	14510.55	14510.55

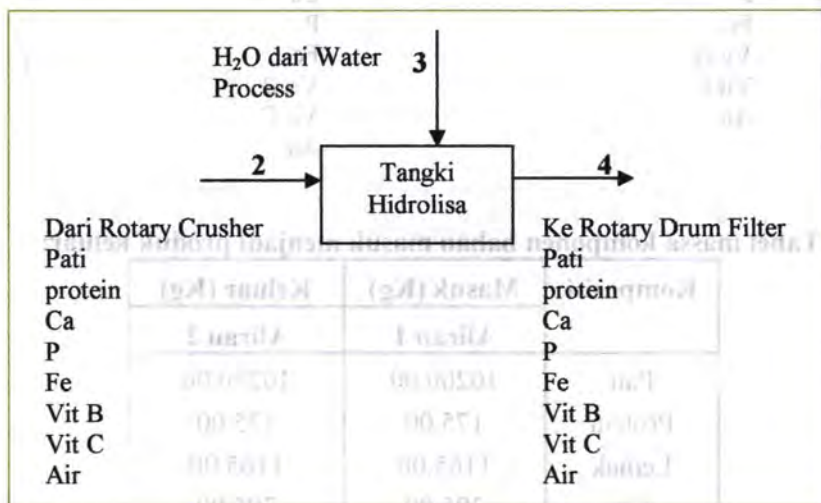
(Literatur : Mujahidin)

3. Tangki Hidrolisa (F-115)

Fungsi : menghidrolisa hasil dari Rotary Crusher untuk diumpankan ke Rotary Drum Filter.

Jenis : Tangki Hidrolisa

Skema :



Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komposisi	Masuk		Keluar
	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
pati	10200.00		10200.00
protein	175.00		175.00
Lemak	1165.00		1165.00
Ca	395.00		395.00
P	65.00		65.00

Fe	1.00		1.00
Vit B	0.05		0.05
Vit C	9.50		9.50
Air	2500.00	66103.62	68603.62
Σ	14510.55	66103.62	80614.17
Total		80614.17	80614.17

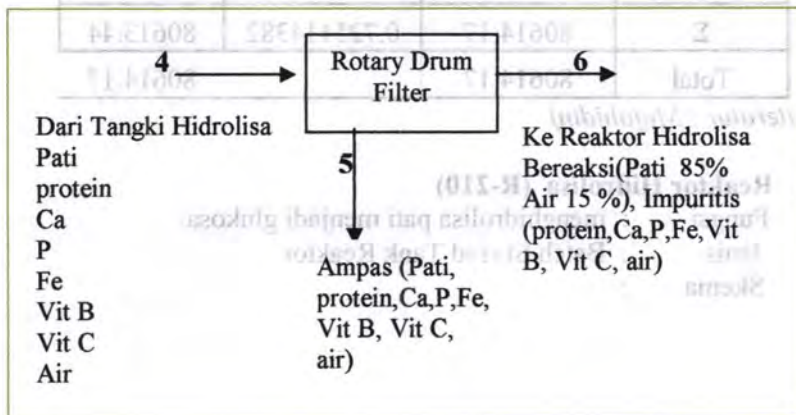
(Literatur : Mujahidin)

4. Rotary Drum Filter (H-117)

Fungsi : Memisahkan pati dari ampas.

Jenis : Rotary Drum Filter

Skema :





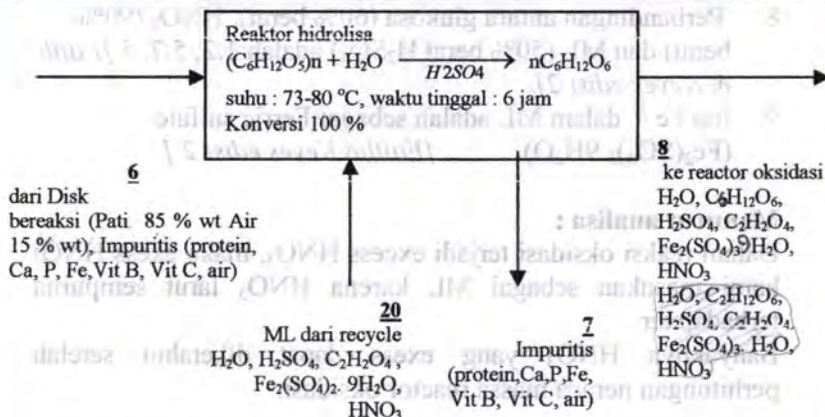
Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komposisi	Keluar (kg)			
	Masuk (kg)	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6
pati	10200.00	0.018979294	10199.98	
protcin	175.00	1.085×10^{-5}	175.00	
Lemak	1165.00	6.503×10^{-5}	1165.00	
Ca	395.00	1.715×10^{-5}	395.00	
P	65.00	2.016×10^{-6}	65.00	
Fe	1.00	2.481×10^{-8}	1.00	
Vit B	0.05	9.30×10^{-10}	0.05	
Vit C	9.50	1.178×10^{-7}	9.50	
Air	68603.62	0.706339893	68602.91	
Σ	80614.17	0.725414382	80613.44	
Total	80614.17		80614.17	

(Literatur : Mujahidin)

5. Reaktor Hidrolisa (R-210)

- Fungsi : menghidrolisa pati menjadi glukosa
 Jenis : Batch Stirred Tank Reaktor
 Skema :



Dasar Perhitungan :

1. Reaksinya : $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6$
[Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
2. Kemurnian glukosa hasil hidrolisa adalah 50 – 60 % berat [Kirk Othmer vol 16 edisi 3].
3. Feed masuk mempunyai komposisi 85% berat pati [Kirk Othmer vol 16 edisi 3 dan Faith & Keyes edisi 2]
4. Konversi reaksi 100% [Kirk Othmer vol 16 edisi 3 dan Faith & Keyes edisi 2].
5. Waktu reaksi 6 jam [Kirk Othmer vol 16 edisi 3 dan Faith & Keyes edisi 2].
6. Suhu reaksi adalah 73 – 80 °C [Kirk Othmer vol 16 edisi 3 dan Faith & Keyes edisi 2].
7. Komposisi ML adalah :

$C_2H_2O_4$	=	5,00%
H_2SO_4	=	50%
Ion Fe^{3+}	=	0,50%

[Kirk Othmer vol 16 edisi 3 dan Faith & Keyes edisi 2]

Pabrik Asam Okсалat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



- Perbandingan antara glukosa (60% berat), HNO_3 (90% berat) dan ML (50% berat H_2SO_4) adalah 1:2, 5:7, 5 [Faith & Keyes edisi 2].
- Ion Fe^{3+} dalam ML adalah sebagai Ferric sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) [Faith & Keyes edisi 2]

Menurut analisa :

Dalam reaksi oksidasi terjadi excess HNO_3 , maka excess HNO_3 kami masukan sebagai ML karena HNO_3 larut sempurna terhadap air.

Banyaknya HNO_3 yang excess dapat diketahui setelah perhitungan neraca massa reactor oksidasi.

Sistem Operasi :

- Pada 30 menit pertama adalah waktu pengisian tangki hidrolisa dari tangki penampung recycle ML.
- Pada 6 jam kemudian adalah proses reaksi dan pendinginan panas reaksi dengan menggunakan jaket
- 1 jam kemudian adalah pemanasan reactor menghasilkan koil pemanas untuk memperoleh suhu reaksi yaitu 80°C
- Pada 30 menit kemudian adalah waktu pengosongan tangki.

Dapat disimpulkan total waktu operasi yang diperlukan adalah 8 jam.

Tabel komposisi umpan masuk yang bereaksi :

komponen	berat (Kg)	% berat
pati	10199.9810	85%
air	1799.996651	15%
total	11999.97767	100%



Perhitungan reaksi pembentukan glukosa :

$$BM (C_6H_{10}O_5)_n = n \cdot 162,14 \text{ Kg/Kmol}$$

Asumsi n adalah 1000 sehingga BM pati menjadi 1000 x

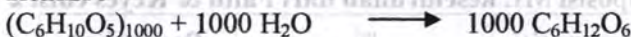
$$162,14 \text{ Kg/Kmol} = 162140 \text{ Kg/Kmol.}$$

$$BM \text{ pati} = 162140 \text{ Kg/Kmol}$$

$$BM \text{ Glukosa} = 180,1560 \text{ Kg/Kmol}$$

$$BM \text{ air} = 18,0160 \text{ Kg/Kmol}$$

Reaksi :



[Kirk Othor vol 16 edisi 3]

$$\text{Konversi reaksi} = 100 \%$$

Sebelum reaksi :

$$\text{Pati} = 10199,9810 \text{ Kg/hari}$$

$$\text{Kmol pati} = 0,0629 \text{ Kmol}$$

Perhitungan reaksi pembentukan glukosa :



mula - mula	0,0629	62,9085	0
reaksi	0,0629	62,9085	0
terbentuk	0	0	62,9085
sisa	0	0	62,9085

Bereaksi

$$\text{Pati} = \text{Kmol pati} \times \text{BM pati}$$

$$= 0,0629 \times 162140$$

$$= 10199,9810 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = \text{Kmol air} \times \text{BM air}$$

$$= 62,9085 \times 18,016$$

$$= 1133,3592 \text{ Kg}$$

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

Terbentuk

$$\begin{aligned} \text{Glukosa} &= \text{Kmol glukosa} \times \text{BM glukosa} \\ &= 62.9085 \times 180,156 \\ &= 11333.3402 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Setelah diketahui berat glukosa jumlah ML dapat dihitung , yaitu:

$$\text{Berat ML} = 7,5 \times \text{Glukosa} [\text{Faith \& Keyes edisi 2}]$$

$$\text{Berat ML} = 7,5 \times 11333.3402 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat ML} = 85000.05153 \text{ Kg}$$

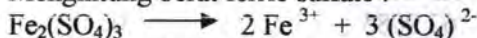
Tabel komposisi ML keseluruhan dari Faith & Keyes edisi 2 :

Komposisi	%	Berat (Kg)
C ₂ H ₂ O ₄	5 %	4250.002577
H ₂ SO ₄	50 %	42500.02577
Ion Fe	0,50 %	425.0002577

Sisanya adalah air dan HNO₃ yang belum bisa diketahui sebelum menghitung excess HNO₃ dalam reaktor oksidasi.

Ion Fe yang digunakan diambil dari ferric sulfate [Fe₂(SO₄)₃.9H₂O]

Menghitung berat ferric sulfate :



$$\text{Mol Fe}^{3+} = \text{berat} / \text{BM Fe} = 7.7273 \text{ Kmol}$$

$$\text{Mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 0,5 \times \text{mol ion Fe}^{3+} = 3.8636 \text{ Kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Fe}_2(\text{SO}_4)_3 &= \text{mol} \times \text{BM Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \\ &= 1545.4555 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = \text{BM} [\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} / \text{BM} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] \times \text{berat Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$\text{Berat Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 2171.3650 \text{ Kg}$$



Jumlah HNO_3 dan air diketahui setelah menghitung reaksi oksidasi dalam reaktor oksidasi. Setelah dilakukan perhitungan dalam reaktor oksidasi jumlah exess HNO_3 diketahui, yaitu :
 $\text{Exes HNO}_3 = 3567.9300 \text{ Kg}$
 Berat air dalam ML adalah berat total ML – berat komponen ML yang sudah diketahui.

Berat komponen yang sudah diketahui :

komponen	Berat (Kg)
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	4250.002577
H_2SO_4	42500.02577
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	2171.364953
exess HNO_3	3567.929959
Total	52489.32326

$$\begin{aligned} \text{Berat air dalam ML} &= 85000.05153 - 52489.32326 \\ &= 32510.7283 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Komponen dan berat ML dapat disimpulkan menjadi :
 Banyaknya ML yang di recycle pada reaktor hidrolisa adalah
 $= 10\% \times \text{ML total}$ [Faith & Keyes edisi 2] :

Tabel komposisi ML yang direcycle pada reaktor hidrolisa:

Komponen	10 % total ML (Kg)
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	425.0003
H_2SO_4	4250.0026
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	217.1365
exess HNO_3	356.7930
H_2O	3251.0728
total	8500.0052

Perhitungan sisa air yang tidak bereaksi dalam pembentukan glukosa

$$\begin{aligned} \text{Air yang bereaksi} &= 22,6638 \text{ Kg} \\ \text{Air masuk hidrolisa} &= 5051.0695 \text{ Kg} \\ \text{Air yang tidak bereaksi} &= \text{air masuk hidrolisa} - \text{air yang bereaksi} \\ \text{Air yang tidak bereaksi} &= 5028.4057 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen Pati :
 Pati masuk 6 = pati yang bereaksi + pati yang tidak bereaksi
 Pati yang bereaksi = 10199.98 Kg
 Pati yang tidak bereaksi = 0 kg
 Pati masuk 6 = 10199.98 Kg
2. Neraca massa komponen glukosa :
 Glukosa keluar 8 = glukosa setelah bereaksi
 Glukosa setelah bereaksi = 11333.34 Kg
 Glukosa keluar 8 = 11333.34 Kg
3. Neraca massa komponen air :
 Air masuk = Air keluar
 Air 6 + air 20 + air (WP) = air bereaksi + air 7 + air 8
 Air 6 = 68602.91 Kg Air bereaksi = 22,66 Kg
 Air 20 = 3251.07 Kg Air 7 = 68602.91 Kg
 Air (WP) = 1800.00 Kg Air 8 = 5028.41 Kg
 Air Masuk = 73653.98 Kg Air Keluar = 73653.98 Kg
4. Neraca massa komponen H_2SO_4 :
 H_2SO_4 masuk 20 = H_2SO_4 keluar 8
 4250.00 Kg = 4250.00 Kg
5. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:
 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ masuk 20 = $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ keluar 8
 425.00 Kg = 425.00 Kg
6. Neraca massa komponen $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$:
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ masuk 20 = $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ keluar 8

$$217.14 \text{ Kg} = 217.14 \text{ Kg}$$

7. Neraca massa komponen HNO_3
 HNO_3 masuk 20 = HNO_3 keluar 8
 356.79 Kg = 356.79 Kg

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran 6	Aliran 20	Aliran 7	Aliran 8
pati 85%	10199.98			
protein	175.00		0	
Lemak	1165.00		0	
Ca	395.00		0	
P	65.00		0	
Fe	1.00		0	
Vit B	0.05		0	
Vit C	9.50		0	
H_2O	68602.91	3251.07	68602.91	
H_2O (WTP)	1800.00			5028.41
glukosa 60%				11333.34
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$		425.00		425.00
H_2SO_4		4250.00		4250.00
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$		217.14		217.14
HNO_3		356.79		356.79
Σ	82413.44	7800.15	68602.91	21610.68
total	90213.59		90213.59	

Neraca massa total

Massa masuk = Massa keluar

Neraca masuk = Massa 6 + Massa 20

= 82413.44 Kg + 7800.15 Kg

Total = 90213.59 Kg

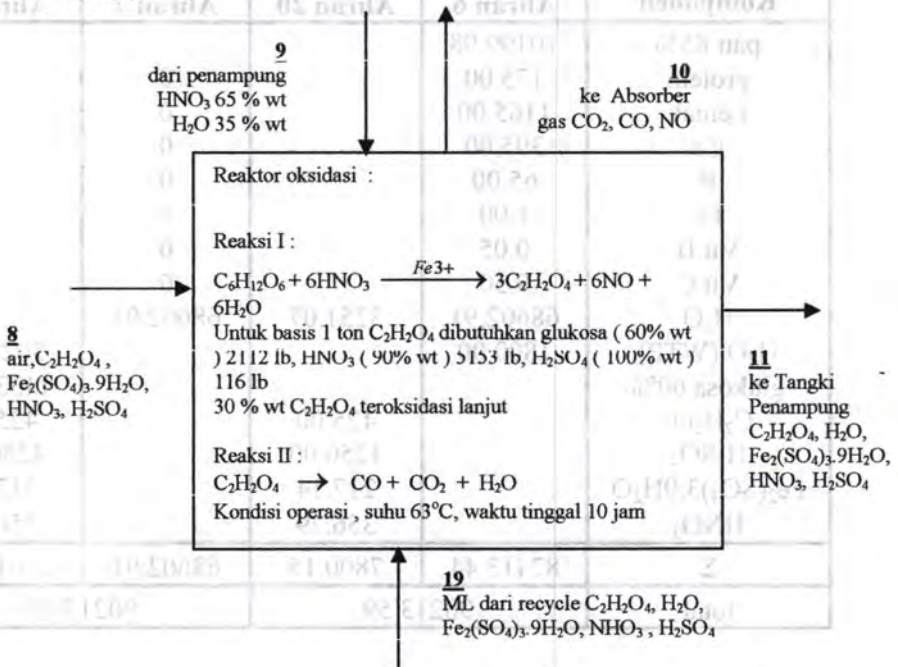
$$\begin{aligned} \text{Massa keluar} &= \text{Massa 7} + \text{Massa 8} \\ &= 68602.91 \text{ Kg} + 21610.68 \text{ Kg} \\ \text{Total} &= 90213.59 \text{ Kg} \end{aligned}$$

6. Tangki Oksidasi (R-220)

Fungsi : Mengoksidasi glukosa menjadi asam oksalat

Jenis : Batch Stirred Tank Reaktor

Skema :

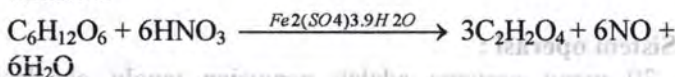


Tabel data BM dari tiap komponen :

Komponen	BM (Kg/Kmol)
Glukosa	180,156
HNO ₃	63,018
C ₂ H ₂ O ₄	90,036
NO	30,01
CO ₂	44,01
CO	28,01
H ₂ O	18,016

Dasar Perhitungan :

1. Reaksi I:



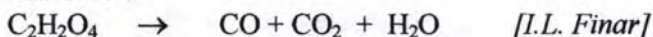
[Faith & Keyes edisi 2]

2. Untuk basis 1 ton asam oksalat dihydrate bahan yang dibutuhkan adalah glukosa (60% berat) 2112 lb, asam nitrat (90% berat) 5153 lb, asam sulfat (100% berat) 116 lb. [Faith & Keyes edisi 2]

3. Karena adanya excess HNO₃ dan adanya asam sulfat membuat produk asam oksalat teroksidasi dengan sendirinya. [Kirk Othmer vol 14 edisi 2]

4. 30% asam oksalat terbentuk teroksidasi lebih lanjut. [Faith&Keyes edisi 2]

Reaksi II :





5. Konsentrasi HNO_3 90 % berat atau 65 % berat tidak mempengaruhi yield pembuatan asam oksalat. [Kirk Othmer vol 14 edisi 2]
6. Suhu reaksi 63°C jam. [Kirk Othmer vol 14 edisi 2], Waktu reaksi 10 jam [Kirk Othmer vol 14 edisi 2]
7. Reaksi yang terjadi adalah eksoterm. [Kirk Othmer vol 14 edisi 2]

Menurut Analisa :

1. Setelah dilakukan perhitungan stokiometri reaksi dengan basis 1 ton asam oksalat dihydrate dihasilkan :
 - a. Exess HNO_3 sebesar 15 %
 - b. Konversi reaksi 100 %, semua glukosa bereaksi
2. Banyaknya ML yang direcycle (19) adalah ML keseluruhan (18) dikurangi ML direcycle (20) pada reactor hidrolisa.

Sistem operasi :

1. 30 menit pertama adalah pengisian tangki oksidasi dari tangki hidrolisa dan recycle mother liquor.
2. 1 jam berikutnya adalah pemanasan bahan dengan koil pemanas untuk mengkondisikan sama dengan kondisi operasi yaitu 63°C .
3. 8 jam kemudian proses oksidasi dengan pendinginan panas reaksi menggunakan jaket.
4. 30 menit kemudian adalah pengosongan tangki.
5. waktu keseluruhan adalah 10 jam.

Tabel komposisi feed tiap komponen dari reaktor hidrolisa :

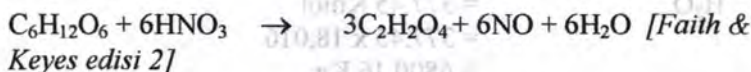
Komponen feed	Berat (Kg)
Glukosa 60%	11333.3402
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	217.1364953
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	425.0002577
H_2SO_4	4250.002577
HNO_3	356.7929959
H_2O	5028.405653

Tabel komposisi ML (19) yang diumpangkan :

Komponen	Berat (Kg)
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	1954.228458
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	3825.002319
H_2SO_4	38250.02319
Exess HNO_3	3211.136963
H_2O	29259.65545

Perhitungan reaksi pembentukan Asam Oksalat :

Reaksi I :



Sebelum reaksi

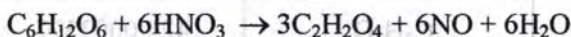
Glukosa dari hidrolisa = 11333.3402 Kg

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



$$\begin{aligned} \text{Kmol glukosa} &= 11333.3402 / 180,156 \text{ Kmol} \\ &= 62.91 \text{ Kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HNO}_3 \text{ untuk reaksi} &= 6 \times 1,15 \times \text{Kmol glukosa} \\ &= 6 \times 1,15 \times 62.91 \text{ Kmol} \\ &= 434.07 \text{ Kmol} \end{aligned}$$



Mula mula	62.91	434.07	0	0	0
Reaksi	62.91	377.45	0	0	0
Terbentuk	0	0	188.73	377.45	377.45
Sisa	0	56.62	188.73	377.45	377.45

Bereaksi

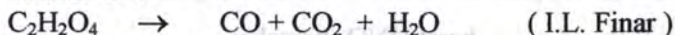
$$\begin{aligned} \text{Glukosa} &= 62.91 \text{ Kmol} \\ &= 62.91 \times 180,156 \\ &= 11333.34 \text{ Kg} \\ \text{HNO}_3 &= 377.45 \text{ Kmol} \\ &= 377.45 \times 63,018 \\ &= 23786.20 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Sesudah reaksi

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ terbentuk} &= 188.73 \text{ Kmol} \\ &= 188.73 \times 90,036 \\ &= 16992.08 \text{ Kg} \\ \text{NO} &= 377.45 \text{ Kmol} \\ &= 377.45 \times 30,01 \\ &= 11327.30 \text{ Kg} \\ \text{H}_2\text{O} &= 377.45 \text{ Kmol} \\ &= 377.45 \times 18,016 \\ &= 6800.16 \text{ Kg} \\ \text{HNO}_3 \text{ sisa} &= 56.62 \text{ Kmol} \\ &= 56.62 \times 63,018 \\ &= 3567.93 \text{ Kg} \end{aligned}$$



Reaksi II :



Sebelum reaksi

$$C_2H_2O_4 = 188.73 \text{ Kmol}$$

	$C_2H_2O_4$	\rightarrow	CO	+	CO ₂	+	H ₂ O
Mula - mula	188.73		0		0		0
Reaksi	56.62		0		0		0
Terbentuk	0		56.62		56.62		56.62
Sisa	132.11		56.62		56.62		56.62

Bereaksi

$$C_2H_2O_4 = 56.62 \text{ Kmol}$$

$$= 56.62 \times 90,036$$

$$= 5097.84 \text{ Kg}$$

Sisa

$$C_2H_2O_4 = 132.11 \text{ Kmol}$$

$$= 132.11 \times 90,036$$

$$= 11894.46 \text{ Kg}$$

$$CO_2 = 56.62 \text{ Kmol}$$

$$= 56.62 \times 44,01$$

$$= 2491.74 \text{ Kg}$$

$$CO = 56.62 \text{ Kmol}$$

$$= 56.62 \times 28,01$$

$$= 1585.86 \text{ Kg}$$

$$H_2O = 56.62 \text{ Kmol}$$

$$= 56.62 \times 18,016$$

$$= 1020.02 \text{ Kg}$$

HNO₃ yang tidak bereaksi menjadi ML dan dikembalikan lagi ke dalam reaktor, sehingga HNO₃ yang ditambahkan adalah HNO₃ yang bereaksi saja.

HNO₃ aliran 9 yang ditambahkan = 23786.20 Kg

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



Konsentrasi HNO_3 pada aliran 9 = 65 % berat , maka :

$$0.65 \times W_9 = \text{berat } \text{HNO}_3 \text{ bereaksi}$$

$$W_9 = 23786.20 / 0,65$$

$$= 36594.15 \text{ Kg}$$

Sehingga berat air pada aliran 9 = 35 % x W_9

$$\text{Air aliran 9} = 12807.95 \text{ Kg}$$

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen glukosa :

$$\text{Glukosa masuk 8} = \text{glukosa bereaksi}$$

$$\text{Glukosa masuk 8} = 11333.34 \text{ Kg}$$

$$\text{Glukosa bereaksi} = 11333.34 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk} + \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ terbentuk} = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ 19} + \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ 8} + \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ terbentuk} = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar 11}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk 19} = 3825.00 \text{ Kg}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk 8} = 425.00 \text{ Kg}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ terbentuk} = 11894.46 \text{ Kg}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar 11} = 16144.46 \text{ Kg}$$

3. Neraca massa komponen HNO_3 :

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk} = \text{HNO}_3 \text{ bereaksi} + \text{HNO}_3 \text{ tak bereaksi}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk} :$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk 8} = 356.79 \text{ Kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk 19} = 3211.14 \text{ Kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk 9} = 23786.20 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 27354.13 \text{ Kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ bereaksi} = 23786.20 \text{ Kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ tak bereaksi} = 356.79 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 27354.13 \text{ Kg}$$

4. Neraca massa komponen H_2O :



$$\text{H}_2\text{O keluar} = \text{H}_2\text{O masuk}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O keluar 11} &= \text{H}_2\text{O masuk 19} + \text{H}_2\text{O masuk 8} + \\ &\quad \text{H}_2\text{O terbentuk (I)} + \text{H}_2\text{O terbentuk} \\ &\quad \text{(II)} + \text{H}_2\text{O masuk 9} \end{aligned}$$

$$\text{H}_2\text{O masuk 9} = 12807.95 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O masuk 8} = 5028.41 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O masuk 19} = 29259.66 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O terbentuk pada reaksi I} = 6800.16 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O terbentuk pada reaksi II} = 1020.02 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O keluar 11} = \underline{54916.19 \text{ Kg}}$$

5. Neraca massa komponen gas NO :

$$\text{Gas NO keluar 10} = \text{gas NO terbentuk}$$

$$11327.30 \text{ Kg} = 11327.30 \text{ Kg}$$

6. Neraca massa komponen gas CO :

$$\text{Gas CO keluar 10} = \text{gas CO terbentuk}$$

$$1585.86 \text{ Kg} = 1585.86 \text{ Kg}$$

7. Neraca massa komponen gas CO₂ :

$$\text{Gas CO}_2 \text{ keluar 10} = \text{gas CO}_2 \text{ terbentuk}$$

$$2491.74 \text{ Kg} = 2491.74 \text{ Kg}$$

8. Neraca massa komponen H₂SO₄ :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk 8} = 4250.00 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk 19} = 38250.02 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar 11} = \underline{42500.03 \text{ Kg}}$$

9. Neraca massa komponen Fe₂(SO₄)₃.9H₂O :

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O keluar} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O masuk}$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O keluar 11} &= \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O masuk 8} \\ &\quad + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O masuk 19} \end{aligned}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O masuk 19} = 1954.23 \text{ Kg}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O masuk 8} = 217.14 \text{ Kg}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O keluar 11} = \underline{2171.36 \text{ Kg}}$$

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komponen	Masuk			Keluar	
	aliran 8	aliran 9	aliran 19	aliran 11	aliran 10
H ₂ O	5028.41	12807.95	29259.66	54916.19	
glukosa	11333.34				
C ₂ H ₂ O ₄	425.00		3825.00	16144.46	
H ₂ SO ₄	4250.00		38250.02	42500.03	
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	217.14		1954.23	2171.36	
HNO ₃	356.79	23786.20	3211.14	3567.93	
NO					11327.30
CO					1585.86
CO ₂					2491.74
Σ	21610.68	36594.15	76500.05	119299.98	15404.90
total		134704.88		134704.88	

Massa masuk = massa keluar

Massa masuk

Massa aliran 8 = 21610.68 Kg

Massa aliran 9 = 36594.15 Kg

Massa aliran 19 = 76500.05 Kg

Total = 134704.88 Kg

Massa keluar

Massa aliran 11 = 119299.98 Kg

Massa aliran 10 = 15404.90 Kg

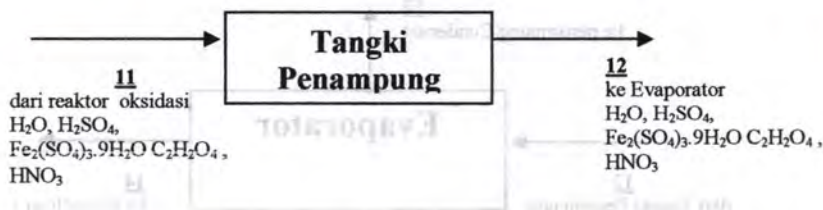
Total = 134704.88 Kg

7. Tangki penampung (F-224)

Fungsi : menampung larutan hasil dari reactor oksidasi untuk diumpankan ke evaporator.

Jenis : Storage Tank

Skema :



Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

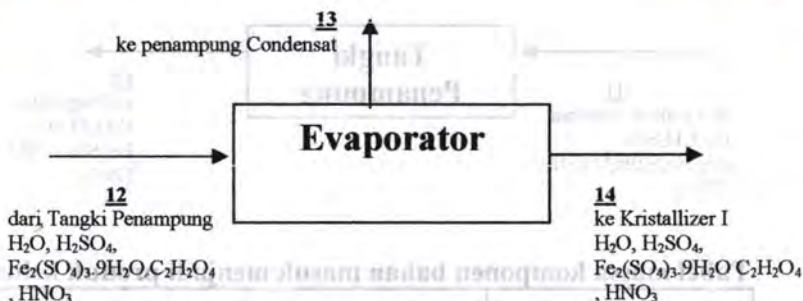
Komponen	Masuk Aliran 11	Keluar Aliran 12
$C_2H_2O_4$	16144.46	16144.46
H_2SO_4	42500.03	42500.03
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	2171.36	2171.36
H_2O	54916.19	54916.19
HNO_3	3567.93	3567.93
Total	119299.98	119299.98

8. EVAPORATOR (V 226)

Fungsi : Menguapkan sebagian besar air dari reaktor oksidasi.

Jenis : Vertical Tube Evaporator

Skema :



Dasar Perhitungan :

Tujuan penguapan ini adalah untuk membuat larutan hasil reaksi oksidasi dari reactor menjadi jenuh sehingga asam oksalat bisa dikristalkan.

Banyaknya air dalam filtrate yang keluar dari evaporator yang diinginkan adalah 30% - 40% dari total komponen liquid yang keluar evaporator. Sehingga air yang diuapkan oleh evaporator adalah sbb :

Komponen	berat (kg)	% berat
$C_2H_2O_4$	16144.46	13.53
H_2SO_4	42500.03	35.62
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	2171.36	1.82
H_2O	54916.19	46.03
HNO_3	3567.93	2.99
Σ	119299.98	100.00

Perhitungan jumlah air yang diuapkan oleh evaporator :

$$\text{H}_2\text{O (14)} = 40354.10 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O 13} &= \text{H}_2\text{O (12)} - \text{H}_2\text{O (14)} \\ &= 54916.19 \text{ kg} - 40354.10 \text{ kg} \\ &= 14562.09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel komposisi bahan keluar Evaporator pada aliran 14

Komponen	berat (kg)	% berat
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	16144.46	15.41
H_2SO_4	42500.03	40.58
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	2171.36	2.07
H_2O	40354.10	38.53
HNO_3	3567.93	3.41
Σ	104737.88	100,00

Dapat disimpulkan bahwa evaporator ini menguapkan air dari konsentrasi 46,03% wt menjadi 38,53 % wt.

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen H_2O :

$$\text{H}_2\text{O masuk} = \text{H}_2\text{O keluar}$$

$$\text{H}_2\text{O masuk 12} = \text{H}_2\text{O keluar 14} + \text{uap air keluar 13}$$

$$\text{H}_2\text{O masuk 12} = 54916.19 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O keluar 14} = 40354.10 \text{ Kg} -$$

$$\text{Uap air keluar 13} = 14562.09 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk} = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk 12} = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar 14}$$

$$16144.46 \text{ Kg} = 16144.46 \text{ Kg}$$

3. Neraca massa komponen H_2SO_4 :



- H_2SO_4 masuk = H_2SO_4 keluar
 H_2SO_4 masuk 12 = H_2SO_4 keluar 14
 42500.03 Kg = 42500.03 Kg
4. Neraca massa komponen $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$:
- $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ masuk = $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ keluar
 $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ masuk 12 = $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ keluar 14
 2171.36 Kg = 2171.36 Kg
5. Neraca massa komponen HNO_3 :
- HNO_3 masuk = HNO_3 keluar
 HNO_3 masuk 12 = HNO_3 keluar 14
 3567.93 Kg = 3567.93 Kg

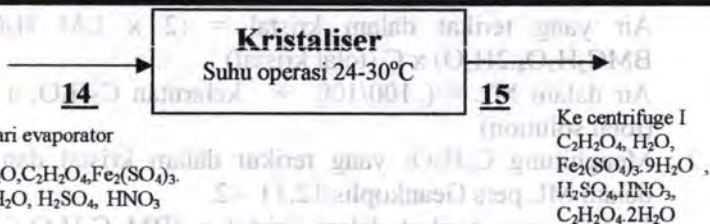
Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran 12	Aliran 14	Aliran 13
$C_2H_2O_4$	16144.46	16144.46	
H_2SO_4	42500.03	42500.03	
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	2171.36	2171.36	
H_2O	54916.19	40354.10	
HNO_3	3567.93	3567.93	
Uap Air			14562.09
Σ	119299.98	104737.88	14562.09
Total	119299.98	119299.98	

9. Tangki Kristaliser I (M 310)

- Fungsi : Pembentukan kristal asam oksalat dihidrat,
 Jenis : Batch Cooling Crystallisation.
 Skema :

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



Dasar Perhitungan :

1. Kelarutan asam oksalat pada suhu $0 - 60^{\circ}\text{C}$ ditunjukkan dengan persamaan $3.42 + 0.168 t + 0.0048 t^2$. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
2. Range suhu kristalisasi adalah $24 - 30^{\circ}\text{C}$. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
3. Jenis kristaliser asam oksalat yang digunakan adalah "Cooling Crystallization". [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
4. Suhu feed masuk sama dengan suhu pada reactor oksidasi yaitu 70°C [Kirk Othmer, 3th ed. Vol 16 dan Faith & Keyes edisi 2]

Menurut Geankoplis edisi 3 :

Untuk menghitung kristal yang terbentuk dan banyaknya ML, menggunakan [12, 11-1 dan persamaan 12, 11-2]

Menurut Analisa :

Untuk memperhatikan massa $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ dalam ML yang kami lakukan adalah menggunakan trial and error suhu kristaliser semakin tinggi suhu kristaliser maka jumlah ML semakin besar begitu juga sebaliknya.

Perhitungan pembentukan kristal asam oksalat dan Mother Liquor (ML) :

1. Menghitung air yang terikat dalam kristal dan air dalam ML pers 12.11-1 Geankoplis.

Air yang terikat dalam kristal = $(2 \times \text{BM H}_2\text{O} / \text{BMC}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \times C$ (total kristal)

Air dalam ML = $(100/100 + \text{kelarutan C}_2\text{H}_2\text{O}_4) \times S$ (total solution)

2. Menghitung $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ yang terikat dalam kristal dan air dalam ML pers Geankoplis 12.11 - 2.

$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ yang terikat dalam kristal = $(\text{BM C}_2\text{H}_2\text{O}_4 / \text{BM C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \times C$ (total kristal)

$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ dalam ML = $(\text{kelarutan C}_2\text{H}_2\text{O}_4 / 100 + \text{kelarutan C}_2\text{H}_2\text{O}_4) \times S$ (total solution)

Setelah dilakukan Trial suhu yang diperoleh adalah $29,62^\circ\text{C}$, kelarutan asam oksalat pada suhu tersebut adalah 12,6074 Kg asam oksalat/ 100 Kg air.

Persamaan untuk air yang menjadi kristal dan ML adalah

$$40354.10 = (100/(100+12,6074))S + (36,032/126,068)C$$

Persamaan untuk asam oksalat yang menjadi kristal dan ML adalah

$$16144.46 = (12,6074/100+12,6074)S + (90,036/126,068)C$$

Kedua persamaan diatas dieliminasi menjadi

$$40354.10 = 0,8880 S + 0,2858 C$$

$$16144.46 = 0,1120 S + 0,7142 C$$

$$40354.10 = 0,8880 S + 0,2858 C$$

$$128055.30 = 0,8880 S + 5,6648 C$$

$$-87701.20 = 0,00 S - 5,3790 C$$

$$C = 16304.38 \quad \text{kristal terbentuk}$$

$$S = 40194.18 \quad \text{liquid terbentuk}$$

komposisi kristal terbentuk :

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 = 0,7142 \times 16304.38 = 11644.36 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,2858 \times 16304.38 = 4660.02 \text{ Kg}$$

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



Total = 16304.38 Kg

Komposisi liquid yang terbentuk :

$C_2H_2O_4 = 0,1120 \times 40194.18 = 4500.10 \text{ Kg}$

$H_2O = 0,8880 \times 40194.18 = 35694.08 \text{ Kg}$

total = 40194.18 Kg

Neraca massa komponen

1. Neraca massa komponen air :

$H_2O \text{ keluar} - H_2O \text{ masuk}$

$H_2O \text{ keluar } 15 = H_2O \text{ masuk } 14 - H_2O \text{ terikut dalam kristal}$

$H_2O \text{ keluar } 15 = 40354.10 \text{ Kg} - 4660.02 \text{ Kg}$

$H_2O \text{ keluar } 15 = 35694.08 \text{ Kg}$

2. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4$:

$C_2H_2O_4 \text{ masuk } 14 = C_2H_2O_4 \text{ keluar } 15$

$C_2H_2O_4 \text{ keluar } 15 = C_2H_2O_4 \text{ masuk } 14 - C_2H_2O_4 \text{ dalam kristal}$

$C_2H_2O_4 \text{ keluar } 15 = 4500.10 \text{ Kg}$

$C_2H_2O_4 \text{ dalam kristal} = 11644.36 \text{ Kg} +$

$C_2H_2O_4 \text{ masuk } 14 = 16144.46 \text{ Kg}$

3. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O$:

$C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O \text{ keluar} = C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O \text{ terbentuk}$

$C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O \text{ keluar } 15 = C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O \text{ terbentuk}$

$C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O \text{ keluar } 15 = 16304.38 \text{ Kg}$

4. Neraca massa komponen $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$:

$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ masuk} = Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ keluar}$

$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ masuk } 14 = Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ keluar } 15$

$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ keluar } 15 = 2171.36 \text{ Kg}$

5. Neraca massa komponen H_2SO_4 :

$H_2SO_4 \text{ masuk} = H_2SO_4 \text{ keluar}$

$H_2SO_4 \text{ masuk } 14 = H_2SO_4 \text{ keluar } 15$

$H_2SO_4 \text{ keluar } 15 = 42500.03 \text{ Kg}$

6. Necara massa komponen HNO_3 :

HNO_3 masuk	=	HNO_3 keluar
HNO_3 masuk 14	=	HNO_3 keluar 16
HNO_3 keluar 15	=	3567.93 Kg

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

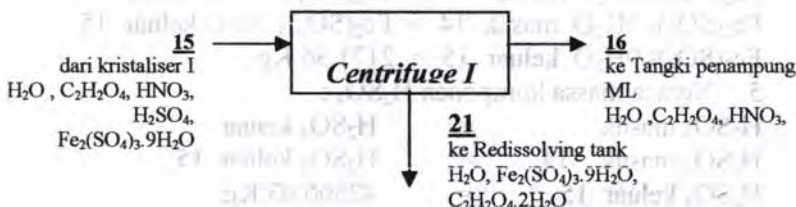
Komponen	Masuk	Keluar
	Aliran 14	Aliran 15
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	16144.46	4500.10
H_2SO_4	42500.03	42500.03
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	2171.36	2171.36
H_2O	40354.10	35694.08
HNO_3	3567.93	3567.93
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		16304.38
Total	104737.88	104737.88

10. Centrifuge I (H 312)

Fungsi : Memisahkan mother liquor dari kristal asam oksalat

Jenis : Centrifuge

Skema :





Dasar Perhitungan :

1. Kristal terpisahkan mempunyai kemurnian 90%. [Faith & Keyes edisi 2]
2. Asumsi katalis yang hilang selama proses berjalan adalah 2 % dari kapasitas produksinya.

Diasumsikan semua kristal dapat dipisahkan :

1. Semua kristal dapat dipisahkan
2. Katalis yang hilang sebanyak 2 % terikut dalam produk kristal

Perhitungan jumlah kristal yang terpisahkan dan ML yang terikut :

a. Menghitung berat massa aliran 21

$$\begin{aligned} C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ 15} &= C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ 21} \\ C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ 15} &= 0,9 \times W_{21} \\ 16304,38 \text{ Kg} &= 0,9 \times W_{21} \\ W_{21} &= 18115,98 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. Menghitung katalis yang terikut :

$$\begin{aligned} Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ yang terikut} &= 2 \% \times Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \\ &\text{keseluruhan} \\ &= 2 \% \times 2171,36 \text{ Kg} \\ &= 43,43 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c. Menghitung air terikut kristal :

$$\begin{aligned} \text{Air dalam } W_{21} &= W_{21} - C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ 21} - Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \\ W_{21} &= 18115,98 \text{ Kg} \\ C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ 21} &= 16304,38 \text{ Kg} \\ Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O &= 43,43 \text{ Kg} \\ \text{Air dalam } W_{21} &= 1768,17 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa Komponen $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$:

$$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ masuk 15} = C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ keluar 21}$$



$$16304.38 \text{ Kg} = 16304.38 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$:

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk } 15 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 21 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 16$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk } 15 = 2171.36 \text{ Kg}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 21 = 43.43 \text{ Kg}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 16 = 2171.36 \text{ Kg}$$

3. Neraca massa komponen H_2O :

$$\text{H}_2\text{O} \text{ masuk} = \text{H}_2\text{O} \text{ keluar}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ masuk aliran } 15 = \text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 21 + \text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 16$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ masuk } 15 = 35694.08 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 21 = 1768.17 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 16 = 35694.08 \text{ Kg}$$

4. Neraca massa komponen HNO_3 :

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk} = \text{HNO}_3 \text{ keluar}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk } 15 = \text{HNO}_3 \text{ keluar } 16$$

$$3567.93 \text{ Kg} = 3567.93 \text{ Kg}$$

5. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk} = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk } 15 = \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar } 16$$

$$4500.10 \text{ Kg} = 4500.10 \text{ Kg}$$

6. Neraca massa komponen H_2SO_4 :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk } 15 = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar } 16$$

$$42500.03 \text{ Kg} = 42500.03 \text{ Kg}$$



Tabel Neraca Massa Masuk dan Keluar Centrifuge 1

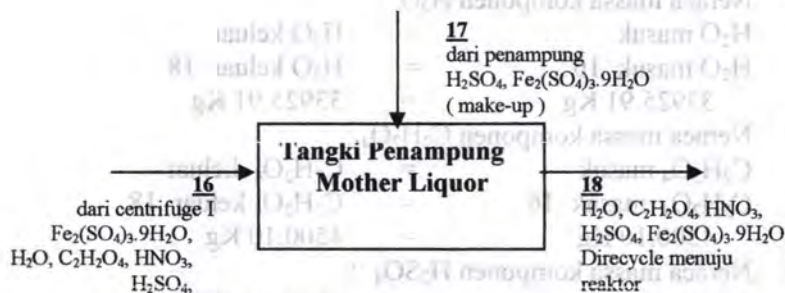
Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran 15	Aliran 21	Aliran 16
$C_2H_2O_4$	4500.10		4500.10
H_2SO_4	42500.03		42500.03
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	2171.36	43.43	2127.94
H_2O	35694.08	1768.17	33925.91
HNO_3	3567.93		3567.93
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	16304.38	16304.38	
Σ	104737.88	18115.98	86621.90
Total	104737.88	104737.88	

11. Tangki Penampung Mother Liquor I (F 313)

Fungsi : Menampung mother liquor hasil evaporasi dan "Make-up" katalis.

Jenis : Stirred Tank

Skema :





Dasar Perhitungan :

1. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan H_2SO_4 yang hilang dalam proses ini sebesar 2 % dari jumlah $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan H_2SO_4 keseluruhan.
2. Jumlah katalis yang di make-up adalah sebesar katalis yang hilang.

Perhitungan jumlah katalis yang di "make-up" :

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ make up :

Jumlah katalis "make-up" = komponen $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ yang diketahui dalam ML awal - komponen $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ yang masuk aliran 8

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ "make-up"} &= 2171.36 \text{ Kg} - 217.14 \text{ Kg} \\ &= 1910.80 \text{ Kg} \end{aligned}$$

H_2SO_4 make up :

Jumlah H_2SO_4 "make up" = komponen H_2SO_4 yang diketahui dalam ML awal - komponen H_2SO_4 yang masuk aliran 8

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ "make-up"} &= 42500.03 \text{ Kg} - 4250.0026 \text{ Kg} \\ &= 38250.02 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen H_2O :

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} \text{ masuk} &= \text{H}_2\text{O} \text{ keluar} \\ \text{H}_2\text{O} \text{ masuk } 16 &= \text{H}_2\text{O} \text{ keluar } 18 \\ 33925.91 \text{ Kg} &= 33925.91 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk} &= \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar} \\ \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ masuk } 16 &= \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \text{ keluar } 18 \\ 4500.10 \text{ Kg} &= 4500.10 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3. Neraca massa komponen H_2SO_4 :

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} &= \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar} \\ \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk } 16 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk } 17 &= \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar } 18 \end{aligned}$$



$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk 16} = 42500.03 \text{ Kg}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk 17} = 38250.02 \text{ Kg} +$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ keluar 18} = 80750.05 \text{ Kg}$$

4. Neraca massa komponen $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$:

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar 18} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk 16} +$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ "make-up" 17}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ "make-up" 17} = 1910.80 \text{ Kg}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ masuk 16} = 2127.94 \text{ Kg} +$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \text{ keluar 18} = 4038.74 \text{ Kg}$$

5. Neraca massa komponen HNO_3

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk} = \text{HNO}_3 \text{ keluar}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ masuk 16} = \text{HNO}_3 \text{ keluar 18}$$

$$3567.93 \text{ Kg} = 3567.93 \text{ Kg}$$

Tabel Neraca Massa Masuk dan Keluar Tangki penampung ML

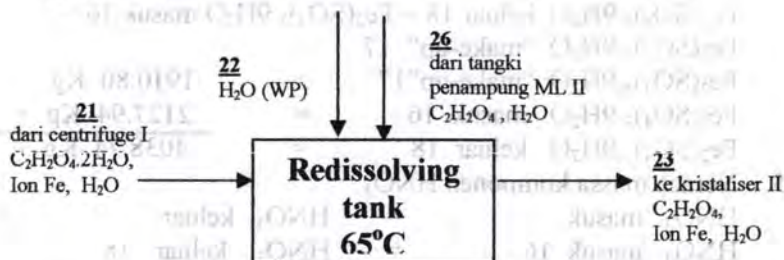
Komponen	Masuk		Keluar
	Aliran 16	Aliran 17	Aliran 18
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	4500.10		4500.10
H_2SO_4	42500.03	38250.02	80750.05
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	2127.94	1910.80	4038.74
H_2O	33925.91		33925.91
HNO_3	3567.93		3567.93
Σ	86621.90	40160.82	126782.73
Total	126782.73		126782.73

12. Tangki Redissolving (M 320)

Fungsi : Melarutkan asam oksalat untuk memperoleh kemurnian yang lebih tinggi

Jenis : Stirred Tank

Skema



Dasar Perhitungan :

Untuk memperoleh asam oksalat dengan kemurnian yang tinggi 96% , maka kristal dari centrifuge I dilarutkan kembali dengan air pada suhu 65 °C. [Faith & Keyes edisi 2]

Dari grafik kelarutan :

Pada suhu 65 ° C asam oksalat jenuh pada konsentrasi 30 %.

Berdasarkan Analisa :

Penambahan C₂H₂O₄ diperoleh dari recycle centrifuge II.

Komposisi masuk dari centrifuge 1

Komponen	Berat (kg)
C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304.38
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43
H ₂ O	1768.17
Σ	18115.98
Total	18115.98



Setelah melakukan perhitungan neraca massa pada centrifuge 2 diperoleh komposisi bahan sbb :

$$C_2H_2O_4 = 3468.28 \text{ Kg}$$

$$H_2O = 34360.64 \text{ Kg}$$

Perhitungan air dan $C_2H_2O_4$ yang terdapat dalam kristal masuk dari centrifuge I adalah sebagai berikut :

1) Jumlah $C_2H_2O_4$ yang terikat dalam kristal :

$$= (BM C_2H_2O_4 / BM C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O) \times 16304.38 \text{ Kg}$$

$$= 11644.69 \text{ Kg}$$

2) Jumlah air yang terikat kristal :

$$= (2 \times BM H_2O / BM C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O) \times 16304.38 \text{ Kg}$$

$$= 4660.98 \text{ Kg}$$

3) Assumsi air yang dibutuhkan sama dengan jumlah air yang masuk pada kristaliser 1 = 5993.46 kg

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen H_2O :

$$H_2O \text{ masuk} = H_2O \text{ keluar}$$

$$H_2O \text{ keluar } 23 = H_2O \text{ terikat kristal} + H_2O \text{ recycle } 26 + H_2O \text{ masuk } 21$$

$$H_2O \text{ terikat kristal} = 4660.98 \text{ Kg}$$

$$H_2O \text{ recycle } 26 = 34360.64 \text{ Kg}$$

$$H_2O \text{ masuk } 21 = 1768.17 \text{ Kg} +$$

$$H_2O \text{ keluar } 23 = \underline{40789.79 \text{ Kg}}$$

2. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4$:

$$C_2H_2O_4 \text{ masuk} = C_2H_2O_4 \text{ keluar}$$

$$C_2H_2O_4 \text{ terikat kristal} + C_2H_2O_4 \text{ masuk } 26 = C_2H_2O_4 \text{ keluar } 23$$

$$C_2H_2O_4 \text{ terikat kristal} = 11644.69 \text{ Kg}$$

$$C_2H_2O_4 \text{ masuk } 26 = 3468.28 \text{ Kg} +$$

$$C_2H_2O_4 \text{ keluar } 23 = \underline{15112.97 \text{ Kg}}$$

3. Neraca massa komponen $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$:

$$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ masuk } 21 = Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ keluar } 23$$

$$\underline{43.43 \text{ Kg}} = \underline{43.43 \text{ Kg}}$$

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

Tabel Neraca Massa Masuk dan Keluar Tangki Redissolving

Komponen	Masuk			Keluar
	Aliran 21	Aliran 26	Aliran 22	Aliran 23
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	16304.38			
$C_2H_2O_4$		3468.28		15112.97
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	43.43			43.43
H_2O	1768.17	34360.64	1.29	40789.79
Σ	18115.98	37828.92	1.29	55946.19
Total		55946.19		55946.19

13. Kristaliser II (M 330)

Fungsi : Mengkristalkan asam oksalat setelah tahap pemurnian.

Jenis : Batch Cooling Crystallisation

Skema :



Dasar Perhitungan :

- Kelarutan asam oksalat pada suhu $0 - 60^\circ C$ ditunjukkan dengan persamaan $= 3.42 + 0.168 t + 0.0048 t^2$. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]



2. Range suhu kristalisasi adalah 24 – 30 °C. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
3. Jenis kristaliser asam oksalat yang digunakan adalah “Cooling Crystalization”. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
4. Suhu feed masuk sama dengan suhu pada redissolving tank yaitu 65°C. [Kirk Othmer vol 16 edisi 3]
5. Untuk menghilangkan kristal yang terbentuk dan banyaknya ML, menggunakan persamaan 12, 11-1 dan 12,11-2. [Geankoplis edisi 3]

Menurut analisa :

Setelah dilakukan Trial suhu yang diperoleh adalah 29,62°C, kelarutan asam oksalat pada suhu tersebut adalah 12,6074 Kg asam oksalat/ 100 Kg air.

Komposisi bahan masuk kristaliser 2

Komponen	Berat (kg)
C ₂ H ₂ O ₄	15112.97
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43.43
H ₂ O	40354.10
Σ	55510.50
Total	55510.50

Perhitungan pembentukan kristal asam oksalat dan Mother Liquor.

Persamaan untuk air yang menjadi kristal dan ML adalah

$$40354.10 = (100/(100+12,6074))S + (36,032/126,068)C$$

Persamaan untuk asam oksalat yang menjadi kristal dan ML adalah

$$15112.97 = (12,6074/100+12,6074)S + (90,036/126,068)C$$

Kedua persamaan diatas dieliminasi menjadi

$$40354.10 = 0,8880 S + 0,2858 C$$

$$15112.97 = 0,1120 S + 0,7142 C$$

$$40354.10 = 0,8880 S + 0,2858 C$$

$$119873.71 = 0,8880 S + 5,6648 C$$

$$-79519.61 \qquad \qquad \qquad 0,00 \qquad \qquad \qquad -5,3790 C$$

$$C = 14783.36 \qquad \qquad \qquad \text{kristal terbentuk}$$

$$S = 40683.72 \qquad \qquad \qquad \text{liquid terbentuk}$$

komposisi kristal terbentuk :

$$C_2H_2O_4 = 0,7142 \times 14783.36 = 10558.07 \text{ Kg}$$

$$H_2O = 0,2858 \times 14783.36 = 4225.29 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 14783.36 \text{ Kg}$$

Komposisi liquid yang terbentuk :

$$C_2H_2O_4 = 0,1120 \times 40683.72 = 4554.91 \text{ Kg}$$

$$H_2O = 0,8880 \times 40683.72 = 36128.81 \text{ Kg}$$

$$\text{total} = 40683.72 \text{ Kg}$$

Neraca massa komponen:

1. Neraca massa komponen air :

$$H_2O \text{ keluar} - H_2O \text{ masuk}$$

$$H_2O \text{ keluar } 24 = H_2O \text{ masuk } 23 - H_2O \text{ terikut dalam kristal}$$

$$H_2O \text{ keluar } 24 = 40354.10 \text{ Kg} - 4225.29 \text{ Kg}$$

$$H_2O \text{ keluar } 24 = 36128.81 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4$:

$$C_2H_2O_4 \text{ masuk } 23 = C_2H_2O_4 \text{ keluar } 24 + C_2H_2O_4 \text{ terikut kristal}$$



$C_2H_2O_4$ masuk 23	=	15112.97 Kg
$C_2H_2O_4$ keluar 24	=	4554.91 Kg -
$C_2H_2O_4$ terikut kristal	=	10558.07 Kg
3. Neraca massa komponen impurities :		
Impuritis masuk 23	=	impurities keluar 24
43.43 Kg	=	43.43 Kg

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

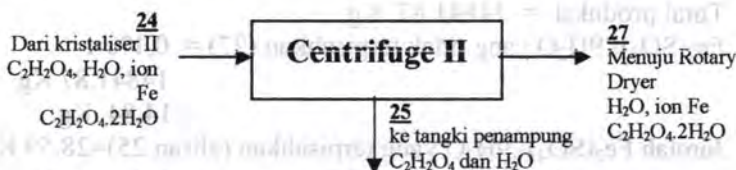
Komponen	Masuk	Keluar
	Aliran 23	Aliran 24
$C_2H_2O_4$	15112.97	4554.91
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	43.43	43.43
H_2O	40354.10	36128.81
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$		14783.36
Total	55510.50	55510.50

14. Centrifuge II (H 331)

Fungsi : Memisahkan kristal asam oksalat dari mother liquor

Jenis : Centrifuge

Skema :



Dasar Perhitungan :

Diasumsikan semua kristal dapat dipisahkan sehingga diperoleh :

1. Kristal yang terpisahkan mempunyai kemurnian 90 %.
2. Semua kristal dapat dipisahkan.

Komposisi bahan masuk centrifuge 2

Komponen	Berat (kg)
$C_2H_2O_4$	4554.91
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	43.43
H_2O	36128.81
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	14783.36
Σ	55510.50
Total	55510.50

- 1) Menghitung berat komposisi pada aliran 27 menuju ke rotary dyer :

$$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ masuk } 27 = C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ dalam aliran } 24 \\ = 14783.36 \text{ Kg}$$

- 2) Banyaknya impurities yang tidak terpisahkan = jumlah impurities kristal asam oksalat yaitu 0,1% x total produksi asam oksalat.

$$\text{Total produksi} = 14841.87 \text{ Kg}$$

$$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ yang tidak terpisahkan (27)} = 0,1\% \times \\ 14841.87 \text{ Kg} \\ = 14.84 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah } Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \text{ yang terpisahkan (aliran 25)} = 28.59 \text{ Kg}$$

- 3) Asumsi jumlah air yang keluar 27 = jumlah air keluar pada kristaliser 1

$$H_2O \text{ aliran } 27 = 17681.7 \text{ Kg}$$

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$:

$$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ masuk 24} = C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ keluar 27}$$

$$14783.36 \text{ Kg} = 14783.36 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen impurities :

Impurities masuk 24 = Impurities keluar 25 + Impurities keluar 27

$$43.43 \text{ Kg} = 28.59 \text{ Kg} + 14.84 \text{ Kg}$$

$$43.43 \text{ Kg} = 43.43 \text{ Kg}$$

3. Neraca massa komponen H_2O :

H_2O masuk 24 = H_2O keluar 25 + H_2O keluar 27

$$H_2O \text{ keluar 25} = 34360.64 \text{ Kg}$$

$$H_2O \text{ keluar 27} = 1768.17 \text{ Kg}$$

$$H_2O \text{ masuk 24} = 36128.81 \text{ Kg}$$

4. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4$:

$C_2H_2O_4$ masuk 24 = $C_2H_2O_4$ keluar 25

$$4554.91 \text{ Kg} = 4554.91 \text{ Kg}$$

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar:

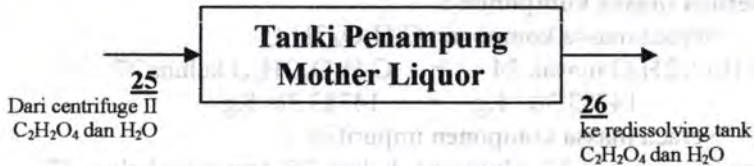
Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran 24	Aliran 27	Aliran 25
$C_2H_2O_4$	4554.91		4554.91
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	43.43	14.84	28.59
H_2O	36128.81	1768.17	34360.64
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	14783.36	14783.36	
Σ	55510.50	16566.37	38944.13
Total	55510.50	55510.50	

15. Tangki Penampung ML II (F 332)

Fungsi : untuk menampung mother liquor yang akan direcycle ke tangki redissolver

Jenis : Storage Tank

Skema :



Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen impurities :
 Impuritis masuk 25 = Impuritis keluar 26
 28.59 Kg = 28.59 Kg
2. Neraca massa komponen H₂O :
 H₂O masuk 25 = H₂O keluar 26
 H₂O masuk 25 = 34360.64 Kg
 H₂O keluar 26 = 34360.64 Kg
3. Neraca massa komponen C₂H₂O₄ :
 C₂H₂O₄ masuk 25 = C₂H₂O₄ keluar 26
 4554.91 Kg = 4554.91 Kg

Tabel neraca massa masuk dan keluar tangki penampung ML II

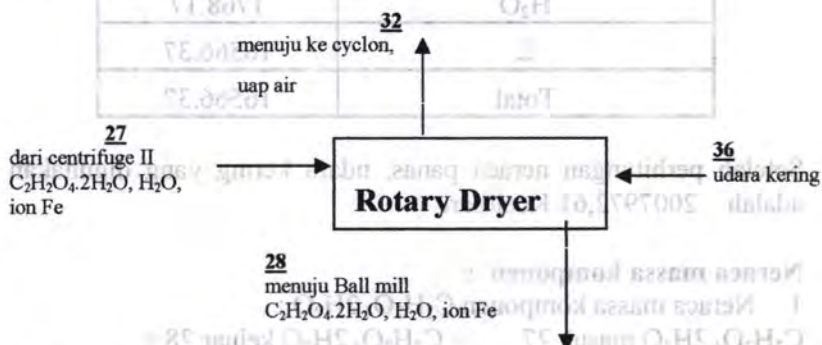
Komponen	Masuk	Keluar
	Aliran 25	Aliran 26
C ₂ H ₂ O ₄	4554.91	4554.91
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	28.59	28.59
H ₂ O	34360.64	34360.64
Σ	38944.13	38944.13
Total	38944.13	38944.13



Perhitungan Neraca Massa Tahap Pengeringan

16. Dryer (B 410)

Fungsi : Meringkan asam oksalat sampai kemurnian 99,8 %
 Jenis : Rotary dryer
 Skema :



Dasar Perhitungan :

1. Asam oksalat dikeringkan dengan udara kering pada suhu 65°C.
2. Jumlah udara kering dihitung bersamaan dengan perhitungan neraca panas.

Tabel spesifikasi kristal asam oksalat :

Komposisi	Fine crystal
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	99,80 %
Free moisture	0,10 %
Impurities	0,10 %
Sulfate	0,00 %
Ash	0,00 %

Komposisi bahan masuk RD :

Komponen	Berat (kg)
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	14783.36
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	14.84
H_2O	1768.17
Σ	16566.37
Total	16566.37

Setelah perhitungan neraca panas, udara kering yang digunakan adalah 2007972,61 Kcal/hari

Neraca massa komponen :

1. Neraca massa komponen $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$:

$$\begin{aligned}
 C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ masuk } 27 &= C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ keluar } 28 + \\
 &\quad C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ yang terikut uap} \\
 C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ keluar } 28 &= 14783.36 \text{ Kg} - 295.67 \text{ Kg} \\
 &= 14487.69 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

2. Neraca massa komponen H_2O :

$$\begin{aligned}
 H_2O \text{ masuk } 27 &= \text{Uap } H_2O \text{ keluar } 32 + H_2O \text{ keluar } 28 \\
 H_2O \text{ masuk } 27 &= 1768.17 \text{ Kg} \\
 \text{Uap } H_2O \text{ keluar } 32 &= 1768.17 \text{ Kg} - 14.52 \text{ Kg} \\
 \text{Uap } H_2O \text{ keluar } 32 &= 1753.65 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

3. Neraca massa komponen kandungan Impuritis :

$$\begin{aligned}
 \text{Impuritis masuk } 27 &= \text{Impuritis keluar } 28 + \text{Impuritis yang} \\
 &\quad \text{terikut uap} \\
 \text{Impuritis keluar } 28 &= 14.84 \text{ Kg} - 0.30 \text{ Kg} \\
 &= 14.55 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

4. Neraca massa komponen udara kering :

$$\begin{aligned}
 \text{Udara kering masuk } 36 &= \text{udara kering keluar } 32 \\
 1753.65 \text{ Kg} &= 1753.65 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi Asam Nitrat

Tabel neraca massa masuk dan keluar RD

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran 27	Aliran 36	Aliran 28	Aliran 32
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	14.84		14.55	0.30
H_2O pd kristal	1768.17		14.52	
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	14783.36		14487.69	295.67
Uap Air udara		21472.51		1753.65
Σ	16566.37	21472.51	14516.75	23522.13
Total	38038.88		38038.88	

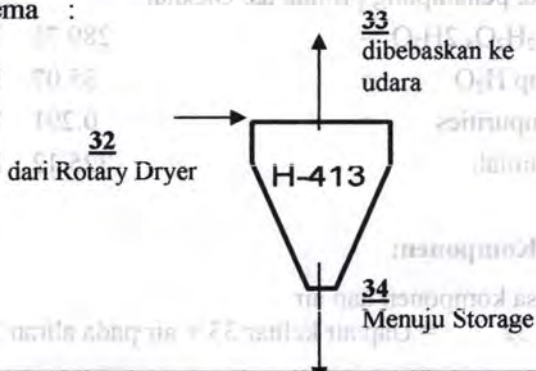
17. Separator (H 413)

Fungsi : Memisahkan partikel yang terikut uap dengan

uap yang keluar dari Rotary Dryer

Jenis : Cyclon

Skema :



Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

Asumsi :

1. Banyaknya kristal asam oksalat di Rotary Dryer yang masuk cyclone adalah 2 % dari jumlah kristal yang masuk ke Rotary Dryer.
2. Banyaknya kristal asam oksalat yang hilang ke udara adalah 2 % dari jumlah kristal yang masuk ke cyclone.
3. Efisiensi cyclone sebesar 98 % untuk menghilangkan uap H₂O [Perry 3rd ed., hal 20-83]

Perhitungan :

1. Kristal masuk cyclone :

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	=	295.67	Kg
uap H ₂ O	=	1753.65	Kg
Impurities	=	0.30	Kg
Jumlah		2049.62	Kg

2. Kristal yang hilang ke udara :

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	=	5.91	Kg
uap H ₂ O	=	1718.58	Kg
Impurities	=	0.006	Kg
Jumlah		1724.50	Kg

3. Kristal yang masuk ke penampung produk as. Oksalat :

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	=	289.75	Kg
uap H ₂ O	=	35.07	Kg
Impurities	=	0.291	Kg
Jumlah		325.12	Kg

Neraca Massa Komponen:

1. Neraca massa komponen uap air

Uap air masuk 32 = Uap air keluar 33 + air pada aliran 34

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



$$1753.65 \text{ Kg} = 1718.58 \text{ Kg} + 35.07 \text{ Kg}$$

$$1753.65 \text{ Kg} = 1753.65 \text{ Kg}$$

2. Neraca massa komponen $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ masuk 32 = $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ keluar 33 +
 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ keluar 34

$$295.67 \text{ Kg} = 5.91 \text{ Kg} + 289.75 \text{ Kg}$$

$$295.67 \text{ Kg} = 295.67 \text{ Kg}$$

3. Neraca massa komponen impurities :

impurities masuk 32 = impurities keluar 33 + impurities keluar 34

$$0.297 \text{ Kg} = 0.006 \text{ Kg} + 0.291 \text{ Kg}$$

$$0.297 \text{ Kg} = 0.297 \text{ Kg}$$

Tabel neraca massa masuk dan keluar Cyclone :

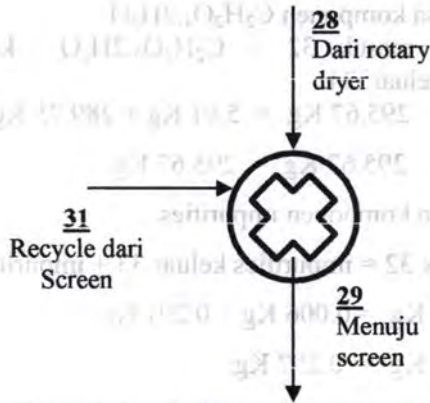
Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)	
	aliran 32	aliran 33	aliran 33	aliran 34
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	295.67	5.91	5.91	289.75
uap H_2O	1753.65	1718.58	1718.58	35.07
impuritis	0.297	0.006	0.006	0.291
Udara kering	21472.510	21472.510	21472.510	
Σ	23522.13	23197.01	23197.01	325.12
Total	23522.13		23522.13	

18. Grinding (C-414)

Fungsi : Untuk mengecilkan ukuran kristal sesuai dengan produk yang diinginkan.

Jenis : Hammer Mill

Skema :



Asumsi kristal yang tertahan = 10 %

Menghitung total kristal yang tertahan = $10\% \times$ kapasitas bahan baku
 $= 10\% \times 50000 \text{ kg}$
 $= 5000,00 \text{ kg}$

Neraca massa komponen:

1. Neraca massa komponen H ₂ O		
H ₂ O masuk 28	=	H ₂ O keluar 29
14.52 Kg	=	14.52 Kg

2. Neraca massa komponen impurities

Impuritis masuk 28 = Impuritis keluar 29
 $14.55 \text{ Kg} = 14.55 \text{ Kg}$

3. Neraca massa komponen C₂H₂O₄.2H₂O:



$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ masuk 28 = $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ keluar 29

14487.69 Kg = 14487.69 Kg

4. Neraca massa komponen kristal yang tertahan

Kristal yang tertahan masuk 31 = Kristal yang tertahan keluar 29

5000.00 Kg = 5000.00 Kg

Tabel massa komponen bahan masuk menjadi produk keluar

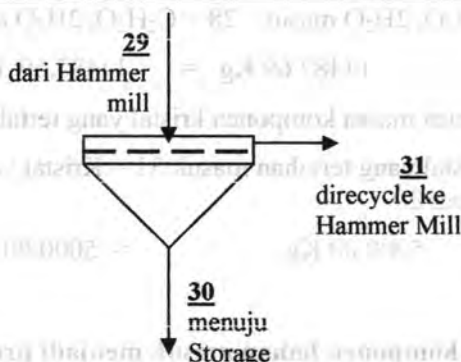
Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)
	Aliran 28	Aliran 31	Aliran 29
H ₂ O	14.52		14.52
impuritis	14.55		14.55
C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O	14487.69		14487.69
Kristal yang tertahan pada screen		5000.00	5000.00
Σ	14516.75	5000.00	19516.75
Total	19516.75		19516.75

19. Screen (H 415)

Fungsi : Memisahkan kristal asam oksalat sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Jenis : Vibrating screen

Skema :



Massa kristal yang tertahan di vibrating screen = 10 % x kapasitas produksi = 10 % x 50000 kg = 5000,00 kg

Neraca massa komponen:

1. Neraca massa komponen H₂O

$$\begin{array}{lcl} \text{H}_2\text{O masuk 29} & = & \text{H}_2\text{O keluar 30} \\ 14.52 \text{ Kg} & = & 14.52 \text{ Kg} \end{array}$$

2. Neraca massa komponen impurities

$$\begin{array}{lcl} \text{Impuritis masuk 29} & = & \text{Impuritis keluar 30} \\ 14.55 \text{ Kg} & = & 14.55 \text{ Kg} \end{array}$$

3. Neraca massa komponen C₂H₂O₄.2H₂O:

$$\begin{array}{lcl} \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4.2\text{H}_2\text{O masuk 29} & = & \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4.2\text{H}_2\text{O keluar 30} \\ 14487.69 \text{ Kg} & = & 14487.69 \text{ Kg} \end{array}$$

4. Neraca massa komponen kristal yang tertahan

$$\begin{array}{lcl} \text{Kristal tertahan masuk 29} & = & \text{Kristal tertahan keluar 31} \\ 5000.00 \text{ Kg} & = & 5000.00 \text{ Kg} \end{array}$$

Tabel massa bahan masuk menjadi produk keluar :

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)	
	Aliran 29	Aliran 31	Aliran 30	
H ₂ O	14.52		14.52	
impuritis	14.55		14.55	
C ₂ H ₂ O ₄ ,2H ₂ O	14487.69		14487.69	
Kristal yang tertahan	5000.00	5000.00		
Σ	19516.75	5000.00	14516.75	
total	19516.75	19516.75		

20. Penyimpanan Produk (F 416)

Tabel neraca massa komponen masuk dan keluar :

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)
	Aliran 34	Aliran 30	Aliran 37
H ₂ O		14.52	14.52
impuritis		14.55	14.55
C ₂ H ₂ O ₄ ,2H ₂ O		14487.69	14487.69
Partikel solid	325.12		325.12
Σ	325.12	14516.75	14841.87
total	14841.87		14841.87

Masuk = 14841.87 kg

Keluar = 14841.87 kg

APPENDIKS B

Kapasitas Produksi	: 34.000.000 kg oksalat/tahun
Feed Masuk	: 50.000 kg kulit pisang/hari
Waktu Operasi	: 330 hari/tahun
Satuan panas	: kcal
Basis waktu	: 1 hari
Suhu referensi	: 25 °C 298 K

Data Cp tiap komponen :

1. Cp Starch :

$$Cp \text{ Starch} = 0.291 + 0.00096 T (C)$$

Suhu (°C)	30	60	95	105
Cp (kcal/kg °C)	0,3198	0,3486	0,3822	0,3918

2. Cp H₂O : (Perry, 6th edition, hal 3-139)

$$Cp \text{ H}_2\text{O} = \begin{array}{l} 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } 0 - 100 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 1,0043 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } 100 - 105 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 1,0301 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } 105 - 170.41 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array}$$

3. Cp Glukosa :

$$Cp \text{ Glukosa} = \begin{array}{l} 0,016 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } -250 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,077 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } -200 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,16 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } -100 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,277 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } 0 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,3 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C pada suhu } 20 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array}$$

4. Cp Serat : (Perry, 7th edition, hal 2-186)

$$Cp \text{ Serat} = 0,32 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

5. Cp HNO₃ : (*Perry, 7th edition, hal 2-184*)

% HNO ₃	Cp (kcal/kg °C) pada 20 °C
1	1
10	0,9
20	0,81
30	0,73
40	0,675
50	0,65
60	0,64
70	0,615
80	0,575
90	0,515

Untuk Cp HNO₃ 65% menjadi : 0,6275 kcal/kg °C

 6. Cp C₂H₂O₄ : (*Perry, 7th edition, hal 2-177*)

Cp C₂H₂O₄ = 0.259 + 0.00076 T (pada suhu -200 sampai 50 °C)

Cp C₂H₂O₄.2H₂O = 0,117 kcal/kg °C pada suhu -200 °C

0,239 kcal/kg °C pada suhu -100 °C

0,338 kcal/kg °C pada suhu 0 °C

0,385 kcal/kg °C pada suhu 50 °C

0,416 kcal/kg °C pada suhu 100 °C

Cp C₂H₂O₄ : 0,2818 kcal/kg °C pada suhu 30°C

Cp C₂H₂O₄.2H₂O : 0,3662 kcal/kg °C pada suhu 30°C



Appendiks B

7. Cp H₂SO₄ : (*Perry, 7th edition, hal 2-185*)

%H ₂ SO ₄	Cp (kcal/kg C) pada 20 °C
100	0,3352
97,44	0,3404
94,82	0,3554
91,81	0,3787
89,36	0,4016
85,48	0,4346

pada 98 % Cp H₂SO₄ : 0,3393 kcal/kg°C

8. Cp Fe₂(SO₄)₃.9H₂O :

Cp Fe₂(SO₄)₃.9H₂O = 66,2 cal/mol.deg °C pada suhu 0 - 100 °C atau 273 - 373 K

0,1655 kcal/kg °C pada suhu 0 - 100 °C atau 273 - 373 K

9. Cp uap air : (*Geankoplis, 2nd edition, App A.2-12, hal 806*)

Cp uap air = 1,888 Kj/kg.deg K pada suhu 100 °C / 373 K
0,45124283 kcal/kg.deg K

10. Cp udara : (*Geankoplis, 2nd edition, App A.3-3, hal 809*)

Cp udara = 1,0048 Kj/kg.deg K pada suhu -17.8 sampai 37.8 °C atau 255.4 - 311 K
= 0,240152964 kcal/kg.deg K

11. Cp lemak :

Cp lemak = 0,2307 kcal/kg°C

12. Cp Protein :

Cp protein = 0,433 kcal/kg°C



13. Cp gas CO : (Geankoplis, 2nd edition, App A.3, Fig. A.3-3, hal 816 - 817)

$$\begin{aligned} \text{Cp gas CO} &= 0,25 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C} \\ &0,25 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

14. Cp gas CO₂ :

$$\begin{aligned} \text{Cp gas CO}_2 &= 0,21 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C} \\ &0,21 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

15. Cp gas NO :

$$\begin{aligned} \text{Cp gas NO} &= 0,23 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C} \\ &0,23 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Data $\Delta H^{\circ}f$ (panas pembentukan) tiap komponen: (Hougen, 2nd edition, Table 29, hal 297-302)

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kgmol)
As.Oksalat (C ₂ H ₂ O ₄)	-197600
HNO ₃	-41404
H ₂ O	-68317,4
CO	-26415,7
CO ₂	-94051,8
NO	21600

Data $\Delta H^{\circ}c$ (panas pembakaran) tiap komponen: (Hougen, 2nd edition, Table 30, hal 306-308)

Komponen	$\Delta H^{\circ}c$ (kcal/kgmol)
Starch (C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀₀	-4177
Glukosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	-673000



Menghitung panas reaksi (ΔH_r) :

Untuk menghitung panas reaksi (ΔH_r) digunakan rumus sbb :
(Hougen, 2nd edition, hal 311)

$$\Delta H_r = \Delta H^{\circ}f (\text{produk}) - \Delta H^{\circ}f (\text{reaktan})$$

dengan T referensi = 25°C dan tekanan = 1 atm

Menghitung panas pembentukan ($\Delta H^{\circ}f$) dari panas pembakaran ($\Delta H^{\circ}c$) :

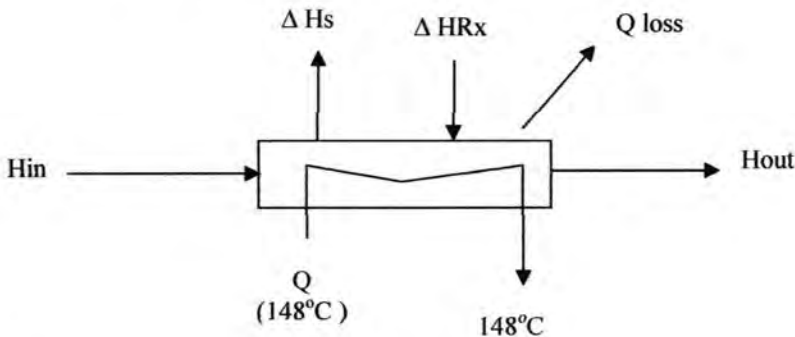
Menurut Hougen, 2nd edition, hal 309-310, untuk menghilangkan panas pembakaran dari suatu senyawa Ca, Hb, Brc, Cld, Fe, If, Ng, Oh, Si dari panas pembakaran menggunakan rumus :

$$\Delta H^{\circ}f = - \Delta H^{\circ}c - 94051.8a - 34158.7b - 44501e - 70960i$$

1. Tangki Hidrolisa

Fungsi :

- Memanaskan starch 85% dari bin / penampung dan ML didalam reaktor hidolisa sampai suhu operasi 80°C.
- Menghidrolisa starch menjadi glukosa dengan hidrolisa asam pada suhu 80°C.



Keterangan :

ΔH_{in} = Panas yang terkandung dalam feed masuk

ΔH_{out} = Panas yang terkandung dalam produk keluar



ΔH_s = Panas pelarutan pati dan asam oksalat

ΔH_{Rx} = Panas reaksi

Qyang disuplai = Panas yang disuplaikan

Qloss = Panas yang hilang

Steam yang digunakan pada tekanan 451.64 kPa pada $T = 148\text{ }^\circ\text{C}$ dan mempunyai $H_v = 2744.0\text{ kJ/kg} = 655.8\text{ kcal/kg}$ (*saturated*). Kondensat keluar pada tekanan dan suhu yang sama mempunyai entalphy (HL) = $623.572\text{ kJ/kg} = 149.04\text{ kcal/hari}$

Sehingga : $\lambda\text{ sat.team} = 506.8\text{ kcal/kg}$

(Geankoplis, 2nd edition, App.1-12, Table A.2-9, hal 801)



Appendiks B

Komponen / Bahan	Massa (m), kg/hari			T (°C)			Cp (kcal/kg°C)			H = m Cp ΔT (kcal/hari)		
	Masuk		Keluar	Masuk		Keluar	Masuk		Keluar	Masuk		Keluar
	Fresh feed	Recycle		Fresh feed	Recycle		Fresh feed	Recycle		Fresh feed	Recycle	
pati	10200,0		10200,0	30		80	0,3		0,3	16309,8		179407,8
protein	175,0		168,7	30		80	0,4		0,4	378,9		4017,6
lemak	1165,0		1123,1	30		80	0,2		0,2	1343,8		14249,9
Ca	395,0		380,8	30		80	0,0		0,0	0,0		0,0
P	65,0		65,0	30		80	0,0		0,0	0,0		0,0
Fe	1,0		1,0	30		80	0,0		0,0	0,0		0,0
Vit A	0,1		0,1	30		80	0,3		0,3	0,1		0,9
Vit B	9,5		9,5	30		80	0,3		0,3	15,2		167,2
H ₂ O	68603,6	3251,1	68602,9	30	30	80	1,0	1,0	1,0	343018,1	16255,4	3773160,1
H ₂ O (WTP)	1800,0		5028,4	30		80	1,0			9000,0		
Glukosa			11333,3		30	80			0,3			187000,1



Appendiks B

$C_2H_2O_4$		425,0	425,0		30	80		0,3	0,3		598,8	6587,1
H_2SO_4		4250,0	4250,0		30	80		0,3	0,3		7210,1	79311,4
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$		217,1	217,1		30	80		0,2	0,2		179,7	1976,5
exess HNO_3		356,8	356,8		30	80		0,6	0,6		1119,4	12313,8
Jumlah										370065,8	25363,4	4258192,4
										(H₁)	(H₂)	(H₃)



Appendiks B

Menghitung panas pembentukan dari panas pembakaran :

1. $\Delta H^{\circ}f (C_6H_{10}O_5) 10000 :$

$$\begin{aligned} \Delta H_c \text{ Starch} : & \quad -4177 \text{ gcal/gr} \\ & \quad -6772587800 \text{ gcal/gr mol} \end{aligned}$$

$\Delta H_f \text{ Starch} = - \Delta H_c - 94051.8a - 34158.7b$ (cal/gr mol)
sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta H_f \text{ Starch} : & \quad -2286390200 \text{ cal/gr mol} \\ & \quad -2286390200 \text{ kcal/kg mol} \end{aligned}$$

2. $\Delta H^{\circ}f$ Glukosa :

$$\begin{aligned} \Delta H_c \text{ Glukosa} : & \quad -673000 \text{ cal/gr mol} \\ & \quad -673000 \text{ kcal.kg mol} \end{aligned}$$

$\Delta H_f \text{ Glukosa} = - \Delta H_c - 94051.8a - 34158.7b$ (cal/gr mol)
sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta H_f \text{ Glukosa} : & \quad -301215,2 \text{ cal/gr mol} \\ & \quad -301215,2 \text{ kcal/kg mol} \end{aligned}$$

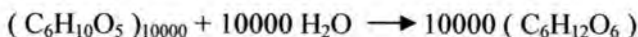
3. $\Delta H_2O :$

$$\Delta H_f H_2O : \quad -68317,4 \text{ kcal/ kg mol}$$



Menentukan harga panas reaksi (ΔH_r) :

Reaksi :



$$\Delta H^{\circ}f: -2286390200 \quad -68317.4 \quad -301215.2 \text{ (kcal/kg mol)}$$

$$\text{Kmol: } 0,060643699 \quad 60,64 \quad 60,64$$

$$\Delta H^{\circ}f \cdot \text{kmol: } -13865515,97 \quad -4143019,861 \quad -18266804,01 \text{ (kcal)}$$

sehingga :

$$\Delta H_r \text{ (pada } 25^{\circ}\text{C)} = \Delta H_f \text{ (produk)} - \Delta H_f \text{ (reaktan)}$$

$$\Delta H_r = \Delta H \text{ glukosa terbentuk} - (\Delta H \text{ Starch bereaksi} + \Delta H \text{ H}_2\text{O bereaksi})$$

maka :

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= -18266804,01 - ((-4143019,861) + (-13865515,97)) \\ &= -258268,2 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Menentukan panas pelarutan Pati (H_s) : (Perry, 2 - 204)

$$\text{Pati} = 1319 \text{ cal/mol} = 213.86266 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Asam Oksalat} = 2290 \text{ cal/mol} = 412.5664 \text{ kcal/kg}$$

Komponen	m (kg/hari)	H (kcal/hari)
Pati	10200,00	2181399,13
Asam Oksalat	425,00	175340,83

Neraca Panas :

$$H_{in} + Q_{\text{steam}} = H_{out} + H_s + Q_{\text{loss}} + (H_{rx})$$

dengan asumsi panas yang hilang = 5% dari panas yang masuk, sehingga :



Appendiks B

$$\begin{aligned}
 H_{in} &= (370065,8 + 25363,4) = 395429,2864 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{loss} &= 5\% (395429,2864) = 19771,46432 \text{ kcal/hari} \\
 H_{out} &= 4258192,402 \text{ kcal/hari} \\
 H_{rx} &= -258268,1736 \text{ kcal/hari} \\
 H_s &= (2181399,13 + 175340,83) \\
 &= 2356739,958 \text{ kcal/hari}
 \end{aligned}$$

Menentukan panas (Q) steam dan massa (m) steam :

$$H_{in} + Q_{steam} = H_{out} + H_s + Q_{loss} + (H_{rx})$$

maka :

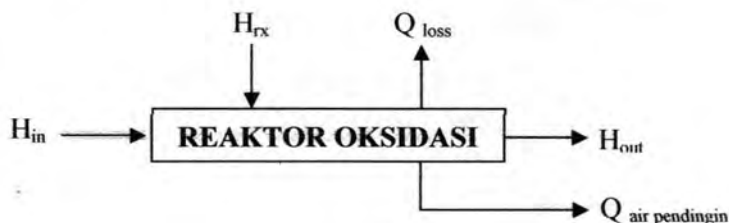
$$Q_{steam} = 5981006,365 \text{ kcal/hari}$$

$$m_{steam} = 5981006,365 / 506.8 = 11801,52997 \text{ kg/hari}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	395429,2864	H out	4258192,402
Q steam	5981006,365	Hs	2356739,958
		Q loss	19771,46432
		H rx	-258268,1736
Jumlah	6376435,651	Jumlah	6376435,651

2. Reaktor Oksidasi

Fungsi : Mengoksidasi glukosa dengan asam nitrat (HNO_3) untuk menghasilkan asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) pada suhu operasi 63°C .





Appendiks B

Komponen	In (kg/hari)	Out (kg/hari)	T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
			In	Out	In	Out	In	Out
C ₆ H ₁₂ O ₆	11333,34		80,00		0,30		187000,11	
C ₂ H ₂ O ₄	425,00	16144,46	80,00	63,00	0,28	0,28	6587,08	172881,35
HNO ₃	356,79	3567,93	80,00	63,00	0,63	0,63	12313,82	85077,29
H ₂ O	5028,41	54916,19	80,00	63,00	1,00	1,00	276562,31	2086815,34
H ₂ SO ₄	4250,00	42500,03	80,00	63,00	0,34	0,34	79311,42	547969,83
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	217,14	2171,36	80,00	63,00	0,17	0,17	1976,48	13655,71
CO		1585,86		63,00		0,25		15065,67
CO ₂		2491,74		63,00		0,21		19884,10
NO		11327,30		63,00		0,23		99000,61
Jumlah							563751,2296	3040349,907
							(H1)	(H2)


Pemanasan HNO_3 :

Komponen	Massa (m), kg/hari		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
HNO_3	23786,20	23786,20	30,00	63,00	0,63	0,63	74629,20	567181,93
H_2O	12807,95	12807,95	30,00	63,00	1,00	1,00	64039,77	486702,24
Jumlah							138668,9701	1053884,173
							(H1)	(H2)

maka : $H_1 = 138668,9701 \text{ kcal/hari}$

$H_2 = 1053884,173 \text{ kcal/hari}$


Neraca Panas :

Panas (Q) masuk = Panas (Q) keluar

$$H_1 + Q_{\text{steam}} = H_2 + Q_{\text{loss}}$$

dimana : $Q_{\text{loss}} = 5\% \times \text{Panas (Q) masuk} = 5\% (H_1 + Q_{\text{steam}})$

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{\text{steam}} &= (1053884,173 - (0,95 \times 138668,9701)) / 0,95 \\ &= 935737,6272 \text{ kcal/hari} \end{aligned}$$

$$m_{\text{steam}} = Q / \lambda = 935737,6272 / 506,8 = 1915,320158 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{masuk}} = 935737,62 + 138668,97 = 1109351,761 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times 1109351,761 = 55467,58806 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{keluar}} = 1053884,17 + 55467,58806 = 1109351,761 \text{ kcal/hari}$$

$$\text{Check} = Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{masuk}} = 0 \text{ kcal/hari}$$


Pemanasan recycle masuk R.Oksidasi :

Komponen	Massa (m), kg/hari		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
C ₂ H ₂ O ₄	3825,00	3825,00	30,00	63,00	0,28	0,28	5389,43	40959,65
HNO ₃	3211,14	3211,14	30,00	63,00	0,63	0,63	10074,94	76569,56
H ₂ O	29259,66	29259,66	30,00	63,00	1,00	1,00	146298,28	1111866,91
H ₂ SO ₄	38250,02	38250,02	30,00	63,00	0,34	0,34	64891,16	493172,85
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	1954,23	1954,23	30,00	63,00	0,17	0,17	1617,12	12290,14
					Jumlah		228270,9361	1734859,115
							(H1)	(H2)

maka : H₁ = 228270,9361 kcal/hari

H₂ = 1734859,115 kcal/hari


Neraca Panas :

Panas (Q) masuk = Panas (Q) keluar

$$H_1 + Q_{\text{steam}} = H_2 + Q_{\text{loss}}$$

dimana : $Q_{\text{loss}} = 5\% \times \text{Panas (Q) masuk} = 5\% (H_1 + Q_{\text{steam}})$

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{\text{steam}} &= (1734859,115 - (0.95 \times 228270,9361)) / 0.95 \\ &= 1597896,553 \text{ kcal/hari} \end{aligned}$$

$$m_{\text{steam}} = Q / \lambda = 1597896,553 / 506.8 = 3152,918241 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{masuk}} = 228270,9361 + 1597896,553 = 1826167,489 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times 1826167,489 = 91308,37445 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{keluar}} = 1734859,115 + 88021,21811 = 1826167,489 \text{ kcal/hari}$$

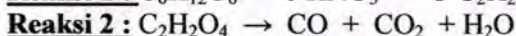
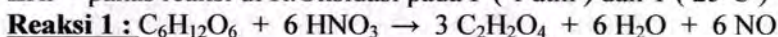


Komponen	In (kg/hari)			Out (kg/hari)		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)				
	Dari R.Hidrolisa	Recycle	Dari katalis	Pen. gas	Evaporator	In	Out	In	Out	In			Keluar	
										Dari R.Hidrolisa	Recycle	Katalis	Pen. gas	Evaporator
C ₆ H ₁₂ O ₆	11333,34					63	63	0,30		129200,08				
C ₂ H ₂ O ₄	425,00	3825,00			16144,46	63	63	0,28	0,28	4551,07	40959,65			172881,35
HNO ₃	356,79	3211,14	23786,20		3567,93	63	63	0,63	0,63	8507,73	76569,56	567181,93		85077,29
H ₂ O	5028,41	29259,66	12807,95		54916,19	63	63	1,00	1,00	191079,41	1111866,9	486702,24		2086815,3
NO				11327,30		63	63		0,23					99000,61
CO ₂				2491,74		63	63		0,21					19884,10
CO				1585,86		63	63		0,25					15065,67
H ₂ SO ₄	4250,00	38250,02			42500,03	63	63	0,34	0,34	54796,98	493172,85			547969,83
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	217,14	1954,23			2171,36	63	63	0,17	0,17	1365,57	12290,14			13655,71
Jumlah										389500,85	1734859,1	1053884,1	133950,3	2906399,5
										3178244,14			3040349,91	
										(H1)			(H2)	



Menentukan panas reaksi (ΔH_r):

ΔH_r = panas reaksi di R.Oksidasi pada P (1 atm) dan T (25°C)



Data $\Delta H^{\circ}f$ (panas pembentukan) tiap komponen :

(*Hougen, 2nd edition, Table 29, hal 297 – 302*)

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kgmol)
As.Oksalat ($C_2H_2O_4$)	-197600
HNO ₃	-41404
H ₂ O	-68317.4
CO	-26415.7
Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kgmol)
CO ₂	-94051.8
NO	21600
Glukosa	-301215.2

Reaksi 1 :

mol $C_6H_{12}O_6 = 60,64369927$ kmol

$\Delta H_r = \Delta H^{\circ}f_{\text{produk}} - \Delta H^{\circ}f_{\text{reaktan}}$

$$= \{ (6 \times 60,64 \times \Delta H^{\circ}f_{C_2H_2O_4}) + (6 \times 60,64 \times \Delta H^{\circ}f_{H_2O}) + (6 \times 60,64 \times \Delta H^{\circ}f_{NO}) \} - \{ (60,64 \times \Delta H^{\circ}f_{C_6H_{12}O_6}) + (6 \times 60,64 \times \Delta H^{\circ}f_{HNO_3}) \}$$

maka : $\Delta H_r = -19616126,31$ kcal

Reaksi 2 :

mol $C_2H_2O_4 = 54,58$ kmol

$\Delta H_r = \Delta H^{\circ}f_{\text{produk}} - \Delta H^{\circ}f_{\text{reaktan}}$

$$= \{ (54,58 \times \Delta H^{\circ}f_{CO}) + (54,58 \times \Delta H^{\circ}f_{CO_2}) + (54,58 \times \Delta H^{\circ}f_{H_2O}) \} - (54,58 \times \Delta H^{\circ}f_{C_2H_2O_4})$$

maka : $\Delta H_r = 481122,2461$ kcal

$$H_{\text{reaksi}} = \Delta H_{\text{r total}} = \Delta H_{\text{reaksi 1}} + \Delta H_{\text{reaksi 2}}$$

sehingga : $H_{\text{reaksi}} = -19135004,07 \text{ kcal}$

Asumsi panas yang hilang = 5% dari panas yang masuk

Neraca Panas :

$$H_{\text{in}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} + Q_{\text{pendingin}} + H_{\text{Rx}}$$

maka :

$$H_{\text{in}} = 3178244,137 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% (\text{Panas masuk})$$

$$= 5\% (3178244,137) = 1115662,41 \text{ kcal/hari}$$

$$H_{\text{out}} = 3040349,907 \text{ kcal/hari}$$

$$H_{\text{Rx}} = -19135004,07 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{pendingin}} = 18157235,89 \text{ kcal/hari}$$

$$m_{\text{pendingin}} = Q_{\text{pendingin}} / (30 - 25) \times 1$$

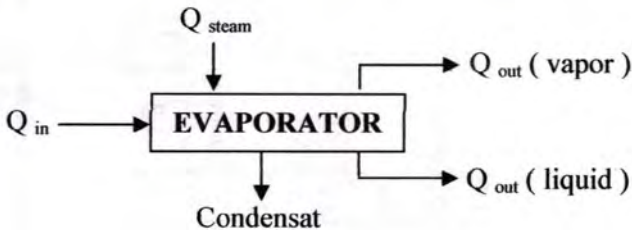
$$= 3631447,178 \text{ kg/hari}$$

(dengan $T_{\text{air pendingin masuk}} = 30^{\circ}\text{C}$)

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H_{in}	3178244,14	H_{out}	3040349,91
$(- H_{\text{rx}})$	19135004,07	Q_{loss}	1115662,41
		$Q_{\text{air pendingin}}$	18157235,89
Jumlah	22313248,21	Jumlah	22313248,21

3. Evaporator

Fungsi : Mengurangi kadar H_2O dalam larutan asam oksalat sekaligus menaikkan kadar asam oksalat dalam larutan (pemekatan).



Komponen	Massa (m), kg			T (°C)			Cp (kcal/kg°C)			H = m Cp ΔT (kcal/hari)		
	In	Out		In	Out		In	Out		In	Out	
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor
C ₂ H ₂ O ₄	15563,25	15563,25		63	100		0,2818	0,2818		166657,51	328929,30	
H ₂ SO ₄	40970,00	40970,00		63	100		0,3393	0,3393		528242,58	1042584,0	
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	2093,19	2093,19		63	100		0,1655	0,1655		13164,10	25981,77	
H ₂ O	52938,36	31354,10	21584,26	63	100	100	1	1	0,45124	2011657,73	2351557,5	730480,73
HNO ₃	3439,48	3439,48		63	100		0,6275	0,6275		82014,45	161870,63	
Jumlah										2801736,39	3910923,2	730480,73
										(H1)	4641404,017	
											(H2)	



Appendiks B

Evaporator yang digunakan adalah menggunakan Triple Effect Evaporator dimana air yang diuapkan sebesar 21584,26 kg/hari, **Step 1 yaitu menentukan kenaikan titik didih larutan pada effect 3 :**

Data

Feed masuk	: 115004,35 kg/hari
Suhu feed masuk	: 63°C
Saturated temp effect 3	: 100°C
Suhu steam masuk	: 148°C
% feed masuk evaporator	: 53,97 % = 0,54
% feed keluar evaporator	: 66,44 % = 0,66
R	: 1.987
n_1	: 1000 / BM solvent (air)
ΔH_v	: BM solvent / H_v
H_v	: 539 cal/gr
	(pada boiling point (100°C))

(Maron n Lando, " Fundamentals of Physical Chemistry ", hal 453 – 454)

sehingga molal boiling point elevation constant untuk air sebagai pelarut :

$$\begin{aligned}
 K_b &= R T_o^2 / \Delta H_v n_1 \\
 &= (1.987 \times (373.2)^2) / ((18.02 / 539) (1000/18.02)) \\
 &= 0.513^\circ
 \end{aligned}$$

Menentukan molality (m) dari larutan :

$$\begin{aligned}
 m &= (W_2 \times 1000) / W_1 M_2 \\
 &= (115004,35 \times 1000) / \\
 &\quad (21584,26 \times (90.04 + 98 + 18.02 + 63.02 + 400) \\
 m &= 7,96
 \end{aligned}$$

maka untuk nilai ΔT_b adalah :

$$\Delta T_b = m K_b = 7,96 \times 0.513 = 4,08^\circ \text{C}$$

Sehingga kenaikan titik didih larutan pada effect 3 = 100 + 4,08
= 104.08 °C



**Step 2 yaitu membuat neraca massa total larutan oksalat :
($V_1 + V_2 + V_3$) dan L_3 :**

$$F = 115004,35 = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3)$$

$$F \cdot x_F = 115004,35 (0,54)$$

$$= L_3 (0,66) + (V_1 + V_2 + V_3) (0)$$

$$L_3 = 94094,468 \text{ kg / hari}$$

$$\text{Total vaporized} = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

$$= 115004,35 - 94094,468 = 20909,882 \text{ kg / jam,}$$

dengan asumsi $V_1 = V_2 = V_3 = 6969,96 \text{ kg / hari}$

- Membuat neraca bahan pada masing – masing effects :

$$1. F = 115004,35 = V_1 + L_1 = 6969,96 + L_1 ,$$

$$L_1 = 108034,4 \text{ kg/hari}$$

$$2. L_1 = 108034,4 = V_2 + L_2 = 6969,96 + L_2 ,$$

$$L_2 = 101064,44 \text{ kg/hari}$$

$$3. L_2 = 101064,44 = V_3 + L_3 = 6969,96 + L_3 ,$$

$$L_3 = 94094,48 \text{ kg/hari}$$

- Menentukan %larutan asam oksalat pada masing – masing effects :

$$1. 115004,35 (0,54) = L_1 \cdot x_1 = 108034,4 (x_1) ,$$

$$x_1 = 0,574$$

$$2. 108034,4 (0,574) = L_2 \cdot x_2 = 101064,44 (x_2) ,$$

$$x_2 = 0,613$$

$$3. 101064,44 (0,613) = L_3 \cdot x_3 = 94094,48 (x_3) ,$$

$$x_3 = 0,658$$

Step 3 yaitu menghitung BPR (Boiling Point Raise) pada masing – masing effects :

Untuk menentukan nilai BPR menggunakan penyetaraan nilai % oksalat dengan BPR masing – masing effect karena BPR yang tidak diketahui persamaannya, sehingga :

$$1) BPR_1 = (0,574 \times 3,8) / 0,613 = 3,55$$

$$2) BPR_2 = (0,613 \times 4,08) / 0,658 = 3,8$$

$$3) BPR_3 = 4,08$$



Appendiks B

Dilanjutkan dengan mengitung suhu feed dan pendinginan uap jenuh :

$$1) T_{s2} = T_1 - BPR_1, 138.08 = T_1 - 3,55 \text{ sehingga,}$$

$$T_1 = 134,53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = T_{s1} - \Delta T_1, 134,53 = 148 - \Delta T_1 \text{ sehingga,}$$

$$\Delta T_1 = 13,47^\circ\text{C}$$

$$2) T_{s3} = T_2 - BPR_2, 122.47 = T_2 - 3,8 \text{ sehingga,}$$

$$T_2 = 118,67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - BPR_1 - \Delta T_2, 118,67$$

$$= 134,53^\circ - 3,55 - \Delta T_2 \text{ sehingga}$$

$$\Delta T_2 = 12,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$3) T_{s4} = T_3 - BPR_3, 100 = T_3 - 4,08 \text{ sehingga,}$$

$$T_3 = 104,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - BPR_2 - \Delta T_3, 104,08$$

$$= 118,67 - 3,8 - \Delta T_3 \text{ sehingga,}$$

$$\Delta T_3 = 10,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sehingga temperatur pada masing – masing effects adalah :

<i>Effect 1</i>	<i>Effect 2</i>	<i>Effect 3</i>	<i>Kondensor</i>
$T_{s1} = 148^\circ\text{C}$	$T_{s2} = 138.08^\circ\text{C}$	$T_{s3} = 122.47^\circ\text{C}$	$T_{s4} = 100^\circ\text{C}$
$T_1 = 134,53^\circ\text{C}$	$T_2 = 118,67^\circ\text{C}$	$T_3 = 104,08^\circ\text{C}$	

Step 4 yaitu menentukan kapasitas panas pada masing – masing effects :

- $C_p = 4.19 - 2.35x$
 4. Untuk F maka : $C_p = 4.19 - 2.35 (0,54)$
 $= 2,921 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$
 5. Untuk L_1 maka : $C_p = 4.19 - 2.35 (0,574)$
 $= 2,8411$
 6. Untuk L_2 maka : $C_p = 4.19 - 2.35 (0,613)$
 $= 2,754$
 7. Untuk L_3 maka : $C_p = 4.19 - 2.35 (0,658)$
 $= 2,643$

Menghitung Panas Laten tiap badan :

1. Effect 1:

$$T_1 = 134,53 \text{ } ^\circ\text{C}, T_{s2} = 138.08^\circ\text{C},$$

$$\text{BPR}_1 = 3,55, T_{s1} = 148^\circ\text{C}$$

$$H_1 = H_{s2} (\text{saturation enthalpy pada } T_{s2}) + [1.884 \times \text{BPR}_1]$$

$$= 2731.3656 + 1.884 (3,55)$$

$$= 2738,053 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{s1} = H_{s1} (\text{vapor saturation enthalpy}) - h_{s1} (\text{liquid entalphy pada } T_{s1})$$

$$= 2744.02 - 621.696$$

$$= 2122.324 \text{ kJ/kg}$$

2. Effect 2:

$$T_2 = 118,67^\circ\text{C}, T_{s3} = 122.47^\circ\text{C}, \text{BPR}_2 = 3,8$$

$$H_2 = H_{s3} (\text{saturation enthalpy pada } T_{s3}) + [1.884 \times \text{BPR}_2]$$

$$= 2709.8568 + 1.884 (3,8)$$

$$= 2717,016 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{s2} = H_1 (\text{vapor saturation enthalpy}) - h_{s2} (\text{liquid entalphy pada } T_{s2})$$

$$= 2733.083 - 580.89704$$

$$= 2152.186 \text{ kJ/kg}$$

3. Effect 3:

$$T_3 = 104,08^\circ\text{C}, T_{s4} = 100^\circ\text{C}, \text{BPR}_3 = 4,08$$

$$H_3 = H_{s4} (\text{saturation enthalpy pada } T_{s4}) + [1.884 \times \text{BPR}_3]$$

$$= 2676.1 + 1.884 (4,08)$$

$$= 2683,78 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{s3} = H_2 (\text{vapor saturation enthalpy}) - h_{s3} (\text{liquid entalphy pada } T_{s3})$$

$$= 2712.007 - 514.22$$

$$= 2197.785 \text{ kJ/kg}$$

$$\checkmark V_1 = 115004,35 - L_1, F = 115004,35$$

$$\checkmark V_2 = L_1 - L_2$$

$$\checkmark V_3 = L_2 - 94094,468$$



Appendiks B

- Menghitung kebutuhan steam (S), L_1 , L_2 , L_3 , V_1 , V_2 , V_3 :
 - 1) $F \cdot Cp (T_F - 0) + S \cdot \lambda_{s1} = L_1 \cdot Cp (T_1 - 0) + V_1 \cdot H_1$
 $115004,35 (2,921) (63 - 0) + S (2122.324)$
 $= L_1(2,8411) (134,53 - 0) + (115004,35 - L_1) (2738,053)$
 - 2) $L_1 \cdot Cp (T_1 - 0) + V_1 \cdot \lambda_{s2} = L_2 \cdot Cp (T_2 - 0) + V_2 \cdot H_2$
 $L_1(2,8411) (134,53 - 0) + (115004,35 - L_1) (2152.186) =$
 $L_2 (2,754) (118,67 - 0) + (L_1 - L_2) (2717,016)$
 - 3) $L_2 \cdot Cp (T_2 - 0) + V_2 \cdot \lambda_{s3} = L_3 \cdot Cp (T_3 - 0) + V_3 \cdot H_3$
 $L_2(2,754)(118,67 - 0) + (L_1 - L_2) (2197.785) =$
 $94094,468 (2,643) (104,08 - 0) + (L_2 - 94094,468) (2683,78)$

Dari persamaan diatas dapat diperoleh persamaan baru yaitu :

$$S = (293724560 - 2696,77 L_1) / 2122,324$$

$$247510752 = 4486,989 L_1 - 2390,206 L_2$$

$$4554,755 L_2 - 2197,785 L_1 = 226645021,4$$

Dari persamaan diatas dapat diperoleh hasil :

$$L_1 = 109923,65 \text{ kg/hari}$$

$$L_2 = 102800,842 \text{ kg/hari}$$

$$S = 16379,22 \text{ kg/hari}$$

$$V_1 = 5080,7 \text{ kg/hari}$$

$$V_2 = 7122,8 \text{ kg/hari}$$

$$V_3 = 8706,374 \text{ kg/hari}$$

Menentukan panas pada masing – masing effect :

Effect 1

$$Q_1 = S \lambda_{s1} = (16379,22 \times 2122.324) / 4.184 = 8308320,2 \text{ kcal/hari}$$

Effect 2

$$Q_2 = V_1 \lambda_{\sigma 2} = (5080,7 \times 2153.377) / 4.184 = 2614881,1 \text{ kcal/hari}$$

Effect 3

$$Q_3 = V_2 \lambda_{\sigma 3} = (7112,8 \times 2199.795) / 4.184 = 3744909,136 \text{ kcal/hari}$$

$$\text{Steam economy} = (V_1 + V_2 + V_3) / S = 1,276$$

Asumsi panas yang hilang = 5% dari panas yang masuk

λ sat.steam : 506.8 kcal/kg pada T (200°C)

sehingga :

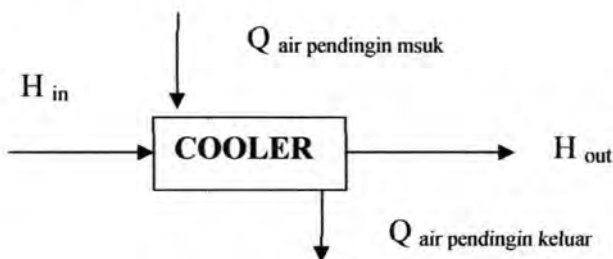
Q yang disuplai: 1249273,94 kcal/hari

Q loss: 140086,90 kcal/hari

m steam : 2465,02 kg/hari

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2801737,94	H out	3910924,14
Q yang disuplai:	1249273,94	Q loss	140086,90
Jumlah	4051011,04	Jumlah	4051011,04

4. Cooler



Menentukan massa (m) air pendingin :

Air pendingin masuk pada suhu 30°C, maka :

$H_{\text{air pendingin}} = m \times C_p \times \Delta T$, sehingga :



Appendiks B

$$H_{\text{air pendingin}} = 5 \text{ mp kcal}$$

Air pendingin keluar pada suhu 50°C , maka :

$$H_{\text{air pendingin}} = m_p \times C_p \times \Delta T, \text{ sehingga :}$$

$$H_{\text{air pendingin}} = 25 \text{ mp kcal}$$

Neraca Panas :

$$\text{Panas masuk} = \text{Panas keluar}$$

dimana $Q_{\text{masuk}} = H_1 + H_{\text{air pendingin masuk}}$ dan $Q_{\text{keluar}} = H_2 + H_{\text{air pendingin keluar}}$

Komponen	Massa (m), kg		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
C ₂ H ₂ O ₄	16144,46	16144,46	100	63	0,28	0,28	341213,19	172881,35
H ₂ SO ₄	42500,03	42500,03	100	63	0,34	0,34	1081519,41	547969,83
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	2171,36	2171,36	100	63	0,17	0,17	26952,07	13655,71
H ₂ O	40354,10	40354,10	100	63	1,00	1,00	3026557,50	1533455,80
HNO ₃	3567,93	3567,93	100	63	0,63	0,63	167915,70	85077,29
Jumlah							4644157,866	2353039,98
							(H1)	(H2)
Air pendingin	114555,89	114555,89	30	50	1	1	572779,47	2863897,35
Total							5216937,34	5216937,34



Appendiks B

Dengan asumsi tidak ada Q loss maka massa air pendingin adalah

$$H_1 = 4644157,866 \text{ kcal/hari}$$

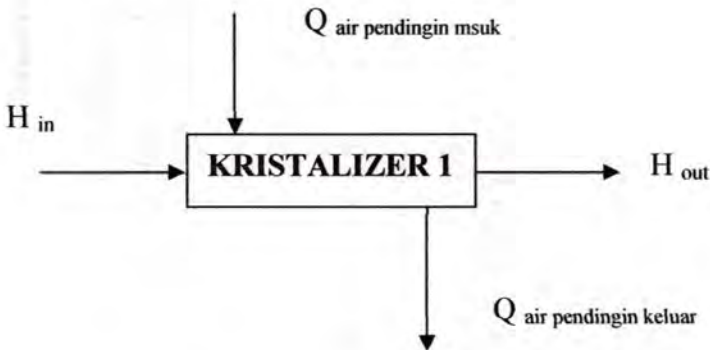
$$H_2 = 2353039,98 \text{ kcal/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa (m) air pendingin} &= (H_1 - H_2) / (25 - 5) \\ &= 114555,894 \text{ kg/hari.} \end{aligned}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	4644157,866	H out	2353039,98
Q air pendingin in	572779,47	Q air pendingin out	2863897,35
Jumlah	4393270,485	Jumlah	5216937,34

5. Kristalizer 1

Fungsi : Mengkristalkan larutan asam oksalat yang terbentuk di R.Oksidasi



Komponen	Massa (m), kg		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
C ₂ H ₂ O ₄	16144,46	4500,10	63	30	0,2818	0,2818	172881,35	6340,64
H ₂ SO ₄	42500,03	42500,03	63	30	0,3393	0,3393	547969,83	72101,29
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	2171,36	2171,36	63	30	0,1655	0,1655	13655,71	1796,80
H ₂ O	40354,10	35694,08	63	30	1	1	1533455,80	178470,40
HNO ₃	3567,93	3567,93	63	30	0,6275	0,6275	85077,29	11194,38
C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O		16304,38		30		0,3662		29853,32
Jumlah							2353039,99	299756,84
							(H1)	(H2)
Air pendingin	102664,16	102664,16	30	50	1	1	513320,79	2566603,93
Total							2866360,77	2866360,77



Appendiks B

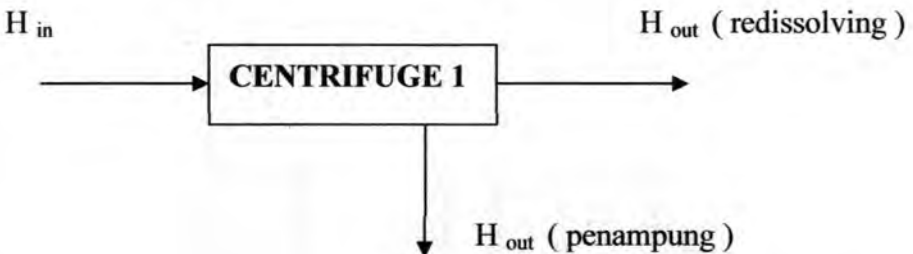
Asumsi panas yang hilang = 5% dari panas yang masuk, maka :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{masuk}} &= 2353039,985 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% (H_{\text{masuk}}) = 117651,9993 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{\text{masuk total}} &= H_{\text{masuk}} - Q_{\text{loss}} = 2235387,986 \text{ kcal/hari} \\
 H_{\text{keluar}} &= 299756,8392 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{\text{pendingin}} &= H_{\text{masuk total}} - (H_{\text{keluar}} + Q_{\text{loss}}) \\
 &= 1817979,148 \text{ kcal/hari} \\
 m_{\text{air pendingin}} &= 102664,1573 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2353039,99	H out	299756,8392
Q air pendingin in	513320,79	Q air pendingin out	2566603,93
Jumlah	2866360,77	Jumlah	2866360,77

6. Centrifuge 1

Fungsi : Memisahkan asam oksalat kristal + impurities dengan Mother Liquor.



Komponen	Massa (m), kg			T (°C)		Cp (kcal/kg ^o C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)		
	In	Out		In	Out	In	Out	In	Out	
		Penampung	Redissolving						Redissolving	Penampung
C ₂ H ₂ O ₄	4500,10		4500,10	30	30	0,2818	0,2818	6340,64		6340,64
H ₂ SO ₄	42500,03		42500,03	30	30	0,3393	0,3393	72101,29		72101,29
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	2171,36	43,43	2127,94	30	30	0,1655	0,1655	1796,80	35,94	1760,87
H ₂ O	35694,08	1768,17	33925,91	30	30	1	1	178470,40	8840,85	169629,54
HNO ₃	3567,93		3567,93	30	30	0,6275	0,6275	11194,38		11194,38
C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O	16304,38	16304,38		30	30	0,3662	0,3662	29853,32	29853,32	
Jumlah								299756,84	38730,11	261026,73
									299756,84	



Dengan asumsi tidak ada Q_{loss} maka perhitungan neraca panasnya adalah :

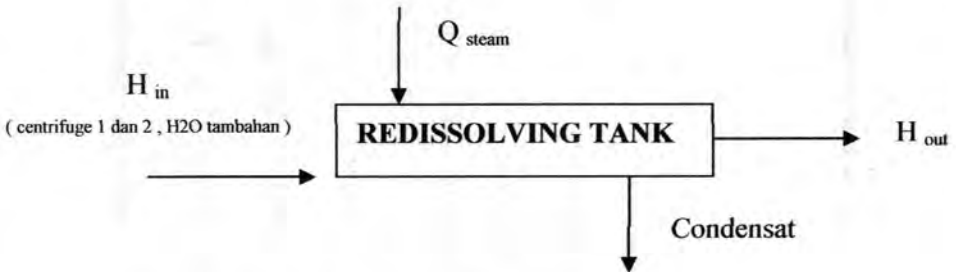
$Q_{\text{masuk centrifuge}} = Q_{\text{keluar centrifuge}} (\text{redissolving} + \text{penampung})$

sehingga :

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}} = 299756,84 - (38730,11 + 261026,73) = 0 \text{ kcal/hari}$$

7. Tangki Redissolving

Fungsi : Melarutkan kembali asam oksalat untuk memperoleh kadar asam oksalat yang lebih tinggi pada pengkristalan kedua (kristalizer 2).



Asumsi panas yang hilang = 5% dari panas yang masuk
 dimana λ saturated steam = 463,9 kcal/kg pada 200°C dengan $H_1 = H (\text{centrifuge 1}) + H (\text{centrifuge 2}) + H (\text{penambahan } H_2O)$,
 sedangkan panas keluar = $H_2 + Q_{\text{loss}}$ ($Q_{\text{loss}} = 5\%$ dari H_1)

Komponen	Massa (m), kg				T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)			
	In			Out	In	Out	In	Out	In			Out
	Centrifuge 1	+ H ₂ O	Centrifuge 2						Centrifuge 1	+ H ₂ O	Centrifuge 2	
C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	16304,38			30		0,366		188085,8	179119,94			179119,9
C ₂ H ₂ O ₄		3468,2	15112,97	30	63	0,281	0,2818			29320,84	268306,67	
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	43,43		43,43	30	63	0,165	0,1655	207,85	215,62		452,79	215,62
H ₂ O	1768,17	34360,6	40789,79	30	63	1	1	55812,44	53045,12	1030819,18	2569756,8	53045,12
Jumlah									232380,68	1030819,18	2838516,3	232380,6
									(H1)			(H2)



Neraca Panas :

Panas masuk = Panas keluar

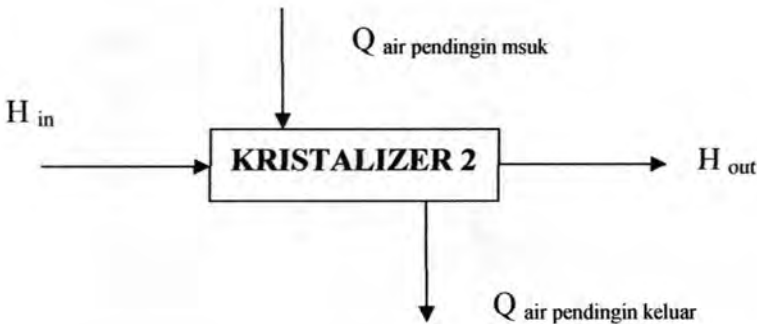
sehingga :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{masuk}} &= 1263199,85 \text{ kcal/hari} \\
 H_{\text{keluar}} &= 2838516,32 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% (H_{\text{masuk}}) = 63159,99 \text{ kcal/hari} \\
 Q_{\text{steam}} &= H_{\text{keluar}} - H_{\text{masuk total}} = 1638476,46 \text{ kcal} \\
 H_{\text{masuk total}} &= H_{\text{masuk}} - Q_{\text{loss}} = 1200039,86 \text{ kcal/hari} \\
 m_{\text{steam}} &= Q_{\text{steam}} / \lambda = 3232,99 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	980441,72	H out	2838516,32
Q yang disuplai:	1638476,46	Q loss	63159,99
Jumlah	2901676,31	Jumlah	2901676,31

8. Kristalizer 2

Fungsi : Melarutkan kembali asam oksalat yang kemudian akan dikristalkan untuk memperoleh kadar asam oksalat lebih tinggi.



Komponen	Massa (m), kg		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
C ₂ H ₂ O ₄	15112,97	4554,91	63	30	0,2818	0,2818	268306,67	38507,19
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	43,43	43,43	63	30	0,1655	0,1655	452,79	215,62
H ₂ O	40354,10	36128,81	63	30	1	1	2542308,30	1083864,30
C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O		14783,36		30		0,3662		162409,94
Jumlah							2811067,76	1284997,05
							(H1)	(H2)
Air pendingin	76303,54	76303,54	30	50	1	1	2289106,07	3815176,78
Total							5100173,83	5100173,83

Neraca Panas :

Panas masuk = Panas keluar

sehingga :

$$H_{\text{masuk}} = 2811067,76 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% (H_{\text{masuk}}) = 140553,39 \text{ kcal/hari}$$

$$H_{\text{masuk total}} = H_{\text{masuk}} - Q_{\text{loss}} = 2670514,38 \text{ kcal/hari}$$

$$H_{\text{keluar}} = 162409,94 \text{ kcal/hari}$$

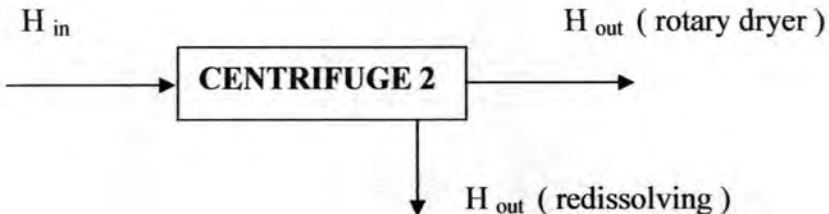
$$Q_{\text{pendingin}} = H_{\text{masuk total}} - (H_{\text{keluar}} + Q_{\text{loss}}) = 2367551,04 \text{ kcal/hari}$$

$$m_{\text{air pendingin}} = (H_1 - H_2) / (50 - 30) = 76303,54 \text{ kg/hari (suhu air masuk } 30^{\circ}\text{C dan keluar } 50^{\circ}\text{C).}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	2811067,76	H out	1284997,05
Q air pendingin in	2289106,07	Q air pendingin out	3815176,78
Jumlah	5100173,83	Jumlah	5100173,83

9. Centrifuge 2

Fungsi : Memisahkan asam oksalat yang akan masuk Rotary Dryer dan yang akan direcycle ke redissolving tank.



Komponen	Massa (m), kg			T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)		
	In	Out		In	Out	In	Out	In	Out	
		Rotray Dryer	Redissolving						Redissolving	Rotary Dryer
C ₂ H ₂ O ₄	4554,91	4554,91		30	30	0,2818	0,2818	6417,87	6417,87	
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	43,43	28,59	14,84	30	30	0,1655	0,1655	35,94	23,65	12,28
H ₂ O	36128,81	34360,64	1768,17	30	30	1	1	180644,05	171803,20	8840,85
C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O	14783,36		14783,36	30	30	0,3662	0,3662	27068,32		27068,32
Jumlah								214166,18	178244,72	35921,46
								214166,1756		

Dengan asumsi tidak ada Q_{loss} maka perhitungan neraca panasnya adalah :

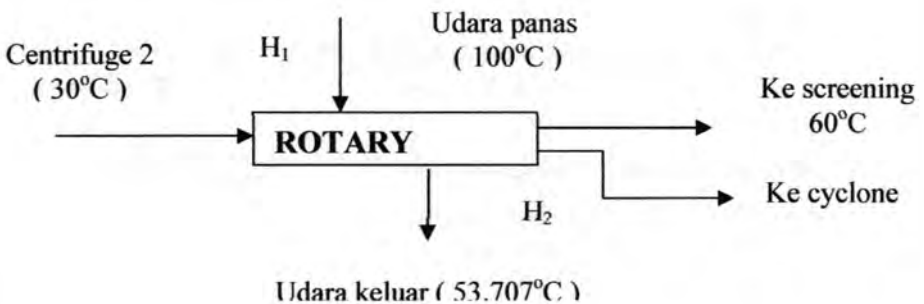
$Q_{\text{masuk centrifuge}} = Q_{\text{keluar centrifuge}} \text{ (redissolving + penampung)}$

sehingga :

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}} = 214166,18 - (178244,72 + 35921,46) \\ = 0 \text{ kcal/hari}$$

10. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan asam oksalat (pengurangan H_2O) dari kristalizer 2 dengan dihembuskan udara kering ke dalam Rotary Dryer.



Menghitung T_w udara masuk :
Rumus :

$$NT = (T_1 - T_2) / \text{LMTD}$$

$$NT = (T_1 - T_2) / ((\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln (\Delta t_1 / \Delta t_2))$$

$$NT = (T_1 - T_2) / ((T_1 - t_1) - (t_2 - T_2) / \ln ((T_1 - t_1) / (t_2 - T_2)))$$

$$NT = \ln ((T_1 - T_w) / (T_2 - T_w))$$

(*Mc.cabe, " Unit Operation of Chem.Engineering ", 4th edition, hal 711 - 713*)

Nilai NT (The number of transfer units in Rotary Dryer) berkisar antara 1.5 – 2.5 (*Mc.cabe, 4th edition, hal 734*) dan ditetapkan nilai NT = 1.75

Dari trial error diperoleh harga $T_w = 43.7^\circ\text{C}$ dengan $T_1 = 100^\circ\text{C}$ dan NT = 1.75

Menentukan T_2 dengan menggunakan rumus $NT = \ln ((T_1 - T_w) / (T_2 - T_w))$, $1.75 = \ln ((100 - 43.7) / (T_2 - 43.7))$, sehingga diperoleh $T_2 = 54^\circ\text{C}$.

Mengecek nilai NT dengan rumus $NT = (T_1 - T_2) / \text{LMTD}$

$$\text{LMTD} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln (\Delta t_1 / \Delta t_2)$$

$$\Delta t_1 = T_1 - t_1 = 100 - 30 = 70^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = t_2 - T_2 = 60 - 54 = 6^\circ\text{C}$$

$$\text{LMTD} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln (\Delta t_1 / \Delta t_2)$$

$$= (70 - 6) / \ln (70 / 6) = 26,44478361$$

sehingga :

$$NT = (100 - T_2) / \text{LMTD}$$

$$NT = (100 - 54) / 26.44, \text{ maka didapatkan } NT = 1.75$$

(sesuai)



Appendiks B

Komponen	Massa (m), kg				T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)			
	In		Out		In	Out	In	Out	In		Out	
	Centrifuge 2	Heater udara	Screening/bin	Cyclone					Centrifuge 2	Heater udara	Screening/ bin	Cyclone
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .9H ₂ O	14,84		14,55	0,30	30	60	0,1655	0,1655	12,28		84,25	1,72
H ₂ O pd kristal	1768,17		14,52		30	60	1	1	8840,85		508,09	
C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	14783,36		14487,69	295,67	30	60	0,3662	0,3662	27068,32		185688,70	3789,57
Uap air		21647		1753,65		60		0,45124		48840,27		27696,33
Jumlah									35921,46	48840,27	186281,04	31487,62
									84761,73		217768,66	
									(H1)		(H2)	

Neraca Panas :

Panas masuk = Panas keluar

$$H_1 + H_{\text{udara masuk}} = H_2 + H_{\text{udara out}} + Q_{\text{loss}}$$

(asumsi : 5% dari Q_{masuk})

Udara masuk pada suhu 30°C dengan relatif humidity 70% diperoleh absolute humidity = 0.02 kg uap air/kg udara kering (*Geankoplis, 2nd edition, Fig. 9.3-2, hal 517*).

Kondisi Operasi :

Suhu feed masuk (t_1)	= 30°C
Suhu produk keluar (t_2)	= 60°C
Suhu udara masuk (T_1)	= 100°C
Suhu udara keluar (T_2)	= 53.707°C
Kandungan air produk	= 0.10 %
Kandungan air feed	= 9.69 %

Menentukan X_1 (kandungan air feed) dan X_2 (kandungan air produk) :

$$X_1 = 9.69 / (100 + 9.69) = 0,088 \text{ kg H}_2\text{O/udara kering}$$

$$X_2 = 0.1 / (100 + 0.1) = 0,00099 \text{ kg H}_2\text{O/udara kering}$$

Rate solid masuk RD (L_s) = 14922.36 kg/hari

Neraca Massa :

$$G H_2 + L_s X_1 = G H_1 + L_s X_2$$

$$0.02 G + 1329.10 = G H_1 + 14.91$$

$$1332.49 = G H_1 - 0.02 G \text{ (Persamaan 1)}$$

dimana G = rate udara masuk

Neraca Panas :

Entalphy udara masuk pada suhu 100°C

ë pada suhu T_{ref} : 540,48 kcal/kg

$$H'_{g2} = C_s (T_{g2} - T_{\text{ref}}) + H_2 l = (1.005 + 1.88 H_2)(100 - 25) + (0.02 \times 540.48)$$



maka :

$$H'_{g2} = 89,0046 \text{ kcal/kg udara kering}$$

Entalphy udara keluar pada suhu 53.707°C

ëpada suhu T_{ref} : 540,48 kcal/kg

$$H'_{g1} = C_s (T_{g1} - T_{ref}) + H_1 l$$

$$= (1.005 + 1.88 H_1)(53.707 - 25) + (H_1 \times 540.48)$$

$$H'_{g1} = 28.85 + 53.97 H_1 + (H_1 \times 540.48) \text{ kcal/kg udara kering}$$

$$H'_{g1} = 28.85 + 594.45 H_1 \text{ kcal/kg udara kering}$$

Entalphy bahan masuk pada suhu 30°C

$$H'_{s1} = C_{p_{solid}} (T_{s1} - T_{ref}) + X_1 C_{p_{air}} (T_{s1} - T_{ref})$$

maka :

$$H'_{s1} = 2,272814423 \text{ kcal/kg udara kering}$$

(dimana $C_{p_{solid}} = 0.3662 \text{ kcal/kg}$ dan $C_{p_{air}} = 1 \text{ kcal/kg}$)

Entalphy bahan Keluar pada suhu 60°C

$$H'_{s2} = C_{p_{solid}} (T_{s2} - T_{ref}) + X_2 C_{p_{air}} (T_{s2} - T_{ref})$$

Neraca Panas :

$$G H'_{g2} + L_s H'_{s1} = G H'_{g1} + L_s H'_{s2} + Q_{loss}$$

$$89.00 G + (14523.3641 \times 2.27477)$$

$$= (28.85 + 594.45 H_1) G + (14523.3641 \times 12.92) + 5\% Q_{masuk}$$

$$89.00 G + 33037.313$$

$$= (28.85 + 594.45 H_1) G + 187641.86 + 5\% (89.00 G + 33037.313)$$

$$(-156256.4) = -55.7 G + 594.45 G H_1 \text{ (Persamaan 2)}$$

Dari persamaan 1 dan 2 :

$$1332.49 = G H_1 - 0.02 G \text{ (Persamaan 1)}$$

$$(-156256.4) = -55.7 G + 594.45 G H_1 \text{ (Persamaan 2)}$$

maka :

$$948355.08 = 43.81 G$$

G = 21647 kg udara kering/hari dengan

$$H_1 = (1314.19 + (0.02 \times 21472.51)) / 21472.51$$

$$= 0,081557 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering.}$$

ΔH udara masuk = $H'_{g2} G$

sehingga :

$$\Delta H \text{ udara masuk} = 89.00 \times 21472.51$$

$$= 1926682,576 \text{ kcal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{masuk}}$$

sehingga :

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times ((21472.51 \times 89.00) + 33968.32)$$

$$= 97204,53515 \text{ kcal/hari}$$

Untuk Q udara keluar yaitu :

$$Q_{\text{udara keluar}} = Q_{\text{masuk total}} - (H_{\text{out produk}} + Q_{\text{loss}})$$

sehingga :

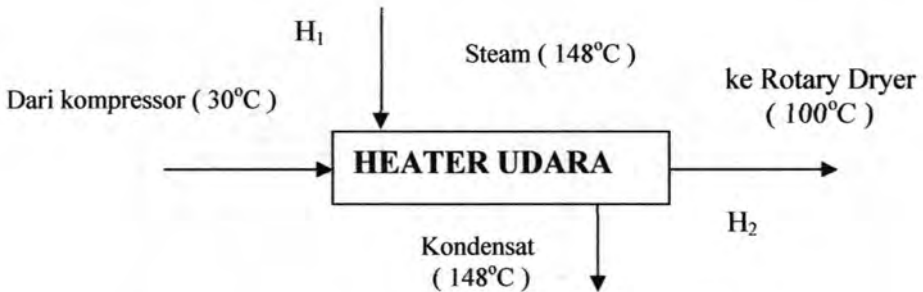
$$Q_{\text{udara keluar}} = 1942986.71 - (97251.09 + 195763.59)$$

$$= 1618750,716 \text{ kcal/hari}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	41022,13307	H out	251749,4582
Q udara masuk	1926682,576	Q loss	97204,53515
		Q udara keluar	1618750,716
Jumlah	1967704,709	Jumlah	1967704,709

11. Heater Udara

Fungsi : Memanaskan udara kering yang akan dihembuskan menuju Rotary Dryer



Asumsi tidak ada Q_{loss} sehingga $Q_{\text{masuk heater}} = Q_{\text{keluar heater}}$

Neraca Panas :

Panas masuk = Panas keluar

$$H_1 + Q_{\text{steam}} = H_2$$

Komponen	Massa (m), kg		T (°C)		Cp (kcal/kg°C)		H = m Cp ΔT (kcal/hari)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Udara kering	21647	21647	30	100	0,2401	0,24015296	25992,95602	389894,3403
							Jumlah	Jumlah
							25992,95602 (H1)	389894,3403 (H2)

λ saturated steam = 463,8503824 kcal/kg

Menentukan harga panas laten steam (Q steam) :

$$Q = m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) = m_{\text{steam}} \times \lambda$$

sehingga :

$$Q_{\text{steam}} = 463,8503824 m_{\text{steam}}$$



Appendiks B

Dari neraca panas dapat kita tentukan :

$$Q \text{ masuk} = Q \text{ keluar}$$

$$H_1 + Q_{\text{steam}} = H_2$$

$$25992,95602 + 463,8503824 m_{\text{steam}} = 389894,3403$$

sehingga :

$$m_{\text{steam}} = (H_2 - H_1) / \lambda = 784,5231957 \text{ kg/hari}$$

$$Q_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times \lambda = 363901,3843 \text{ kcal/hari}$$

Panas Masuk (kcal/hari)		Panas Keluar (kcal/hari)	
H in	25992,95602	H out	389894,3403
Q steam masuk	363901,3843		
Jumlah	389894,3403	Jumlah	389894,3403

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

1. SCREW CONVEYOR

Fungsi : Untuk memindahkan / mengalirkan feed dari centrifuge menuju Rotary Dryer (sebagai alat transportasi).

Rate bahan baku : 50000 kg/hari

$$: 50000 / 0,45359 = 110231,71 \text{ lb/hari}$$

$$: 110231,71 / 24 = 4592,99 \text{ lb/jam}$$

$$: 50000 / 24 = 2083,33 \text{ kg/jam}$$

Bulk density : 60 lb/cuft (kelas B36L) (Perry 7th, hal 21-6)

$$\text{Volume} : 4592,99 / 60 = 76,55 \text{ cuft}$$

Direncanakan feed dapat dipisahkan selama 60 menit (1 jam).

$$\text{Kapasitas screw conveyor} : 76,55 / 60 = 1,28 \text{ cuft/menit}$$

$$: 1,28 / 0,03421 = 37,29 \text{ kg/min}$$

$$: 37,29 / 0,45359 = 82,22 \text{ lb/min}$$

$$: 1,28 \times 60 = 76,55 \text{ cuft/jam}$$

$$: 76,55 / 0,03421 = 2237,64 \text{ kg/min}$$

$$: 2237,64 / 0,45359 = 4933,19 \text{ lb/jam}$$

$$: 76,55 \times 24 = 1837,20 \text{ cuft/hari}$$

Dari Perry 7th edition halaman 21-5 sampai 21-8 diperoleh data :

Tabel 21 – 5 Screw Conveyor Capacities and Loading Conditions

Material class	Screw diam, in	Max. lump size, in		Capacity, cuft / hr	
		25% lumps	100% lumps	At 1 rpm	At max. rpm
A, B, C, D dan H	6	3/4	1/2	2,27	375
	9	1 1/2	3/4	8	1200
	12	2	1	19,3	2700
	14	1 1/2	1 1/4	30,8	4000

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



16,26,36	16	3	1 1/2	46,6	5600
	18	3	2	66,1	7600
	20	3 1/2	2	95	10000

Tabel 21 – 6 Screw Conveyor data untuk 50 lb/ft³ Material and Pipe-Mounted Sectional Spiral Flights

Capacity		Speed r / min	hp at motor			Diam of pipe, in	Max hp capacity at speed
ton / hr	ft ³ / hr		15 ft max length	30 ft max length	45 ft max length		
5	200	40	0,43	0,85	1,27	2 1/2	4,8
		55	0,85	1,69	2,25	2 1/2	6,6
10	400	80	1,27	2,25	3,38	2 1/2	9,6
		45	1,27	2,25	3,38	2 1/2	5,4
15	600	60	1,27	2,25	3,38	3 1/2	11,7
		75	1,69	3	3,94	2 1/2	7,2
20	800	60	1,69	3	3,94	3 1/2	15,6
		75	2,12	3,75	4,93	2 1/2	9
25	1000	75	2,12	3,75	4,93	3 1/2	9
		45	2,12	3,75	4,93	3 1/2	11,7

Dengan melihat data dari Perry 7th edition, halaman 21-5 sampai 21-8 pada Tabel 21 – 5 dan 21 – 6 maka dapat ditentukan :

Panjang Screw Conveyor : 30 ft

Deiameter Screw Conveyor : 6 in

Power : ((Coefficient) (Capacity, lb/min) (Length, ft)) / 33000

: ((2.5 x 24.54 x 30)) / 33000

: 0,19 hp = 0,19 x 0,7457 = 0,14 kW

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi Asam Nitrat



dengan koefisien untuk coal = 2,5 , ashes = 4,0 dan grain = 1,3
 (G.G Brown, Unit Operation, hal 53).

Kecepatan Putar : 40 rpm

Spesifikasi Screw Conveyor

Fungsi : Memindahkan / mengalirkan feed dari centrifuge ke
 Rotary Dryer (sebagai alat transportasi).

Kapasitas : 1837,20 cuft/hari

Panjang : 30 ft

Power : 0,19 hp

Kecepatan Putar : 40 rpm

Diameter : 6 in

Jumlah : 1 buah

2. ROTARY DRYER

Fungsi : Mengurangi kadar air dari 9.78 % menjadi 0.3 % pada
 asam oksalat dihidrat.

Rate kristal masuk : 14783,36 kg/hari

$$: 14783,36 / 0,45359 = 32591,8903 \text{ lb/hari}$$

$$: 32591,8903 / 24 = 1357,9954 \text{ lb/jam}$$

Udara panas masuk : 21472,51 kg/hari

$$: 21472,51 / 0,45359 = 47339,03 \text{ lb/hari}$$

$$: 47339,03 / 24 = 1972,46 \text{ lb/jam}$$

a. Menentukan diameter Rotary Dryer

Superficial velocity udara yaitu $200 - 10000 \text{ lb/hr.ft}^2 = 4800 - 240000 \text{ lb/hari.ft}^2$ (Perry 3rd, hal 832).

Ditetapkan nilai G : $500 \text{ lb/hr.ft}^2 = 500 \times 24 = 12000 \text{ lb/hari.ft}^2$

Sehingga diameter Rotary Dryer (D) :

$$D = (W / ((\pi / 4) \times G))^{1/2} = 2.24 \text{ ft}$$

dimana W = berat udara panas masuk

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi
 Asam Nitrat



Ukuran Rotary Dryer memenuhi syarat bila harga L/D antara 4 – 10 (Perry 3rd, hal 831). Untuk itu diambil harga L = 8D, sehingga : $L = 8 \times 2,24 = 17,93$ ft.

b. Menentukan kecepatan putar Rotary Dryer

Kecepatan periphcrial yaitu 30 – 150 ft/min (Perry 3rd, hal 832).

Ditetapkan nilai V = 80 ft/min, sehingga :

Kecepatan putar (N) Rotary Dryer :

$$N = V / (\pi \times D) = 11,37 \text{ rpm}$$

Range ND = 25 – 35 (Perry 3rd, hal 832), sehingga :

Check : $11,37 \times 2,24 = 25,48$ (memenuhi)

c. Menentukan jumlah flight Rotary Dryer

Jumlah flight adalah antara 2D – 3.5D (Perry 3rd, hal 832)

Ditetapkan jumlah flight yaitu 3D = $3 \times 2,24 = 6,73$ buah ≈ 7 buah

d. Menentukan jarak antar flight Rotary Dryer

$$T = (\pi \times D) / \text{jumlah flight} = 1,76 \text{ ft}$$

Tinggi flight berkisar antara 1/12 D – 1/8 D (Perry 3rd, hal 832)

Ditetapkan tinggi flight adalah 1/10 D = $1/10 \times 2,24 = 0,22$ ft

e. Menentukan power Rotary Dryer

$$\text{Power (P)} = 0,5 D^2 \text{ (Perry 3rd, hal 833)}$$

sehingga : $P = 0,5 (2,24)^2 = 2,51$ hp

f. Menentukan slope (kemiringan Rotary Dryer)

Slope (tg α) berkisar antara 0 – 0,08 ft/ft (Perry 3rd, hal 833)

Ditetapkan slope : 0,08 ft/ft, sehingga :

$$\alpha \text{ (kemiringan)} = \text{arc tg } 0,08 = 4,574^\circ$$

g. Menentukan waktu tinggal (θ)

$$\theta = \{ (0,23 \times L) / (S \times N^{0,9} \times D) \} \pm 0,6 \times \{ (\beta \times L \times G) / F \}$$

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi Asam Nitrat



dimana : $S = \text{Slope} = 0,08 \text{ ft/ft}$

$L = \text{Panjang} = 17,93 \text{ ft}$

$N = \text{Putaran Dryer} = 11,37 \text{ rpm}$

$D_p = \text{Diameter partikel asam oksalat} = 100 \text{ mesh}$

$G = \text{Kecepatan massa udara} = 300 \text{ lb/hr.ft}^2 = 300/60$
 $= 5 \text{ lb/mcnit.ft}^2$

$F = \text{Feed rate} = \text{jumlah feed masuk} / (\pi/4 \times D^2)$
 $= 344,24 \text{ lb/hr.ft}^2 = 344,24/60 = 5,74 \text{ lb/menit.ft}^2$

$\beta = \text{konstan tergantung material yang dikeringkan}$
 (Perry 3rd, hal 832)
 $= 5 (D_p)^{-0,5} = 5 (100)^{-0,5} = 0,5$

sehingga :

$$\theta = \left\{ \frac{(0,23 \times L)}{(S \times N^{0,9} \times D)} \right\} + 0,6 \times \left\{ \frac{(\beta \times L \times G)}{F} \right\}$$

$$= \left\{ \frac{(0,23 \times 17,93)}{(0,08 \times 11,37^{0,9} \times 2,24)} \right\} + \left\{ \frac{(0,5 \times 17,93 \times 5)}{5,74} \right\}$$

$$= 7,27 \text{ menit}$$

$$S = 0,08 \text{ ft/ft} \times (1 \text{ m} / 3,2808 \text{ ft}) \times (39,7 \text{ in} / 1 \text{ m})$$

$$= 0,96 \text{ in/ft}$$

$$= 0,96 \text{ in/ft} \times (1 \text{ m} / 39,37 \text{ in}) \times (100 \text{ cm} / 1 \text{ m}) \times (1 \text{ ft} / 3,3808 \text{ m})$$

$$= 0,74 \text{ cm/m (memenuhi)}$$

Berdasarkan Perry 6th, hal 20-33, slope yang diijinkan adalah 0 – 8 cm/m.

h. Perhitungan Humidity

Pada suhu 30°C dengan relatif humidity 70% dapat diperoleh data dari Humidity Chart yaitu :

- ♥ Absolute humidity (Y_2) : 0,02 kg uap air/kg udara kering
- ♥ Suhu udara pemanas (T_1) : 100°C

(Geankoplis, "Transport Process and Unit Operation", 2nd edition, Fig 9.3-2, halaman 517)

Data tersebut digunakan untuk mengurangi kadar H₂O dari 9,8% menjadi 0,1% pada asam oksalat dihidrat.

$$\begin{aligned}
 G &: 500 \text{ lb/hr.ft}^2 \\
 &: 500 \times 0,45359 = 226,80 \text{ kg/hr.ft}^2 \\
 &: 226,80 / 3,2808^2 = 21,07 \text{ kg/hr.m}^2
 \end{aligned}$$

maka :

$$X_2 = 0,3 / (100 + 0,3) = 0,003$$

$$X_1 = 9,78 / (100 + 9,78) = 0,089$$

$$\text{Feed masuk} = 14783,36 / 24 = 615,9731 \text{ kg/jam}$$

$$S_s = \text{Feed} / (1 - X_2)$$

$$= 617,82 \text{ kg padatan kering/jam}$$

$$\text{Rate drying} = S_s (X_1 - X_2)$$

$$= 53,19 \text{ kg H}_2\text{O terevaporasi/jam}$$

Dari moisture balance (neraca kadar kelembaban) :

$$S_s (X_1 - X_2) = G (Y_1 - Y_2)$$

$$617,82 (0,089 - 0,003) = 21,07 (Y_1 - 0,02)$$

$$Y_1 = 2,54 \text{ kg uap air/kg udara kering}$$

i. Menentukan tebal shell Rotary Dryer

Rotary Dryer dibuat dari Carbon Steel SA 167 (25 Cr - 20 Ni) grade 10 type 310 (pengelasan double welded butt joint).

Data : f : 18500 (*App D, Brownell and Young, hal 343*)

E : 80% (*Tabel 13-2, Brownell and Young, hal 254*)

c : 0,125 in (*faktor korosi untuk industri kimia dan petroleum (1/8")*)

Menentukan P design :

Data : F (Feed) : 1358,00 lb / jam

g : 32,174 ft²/s

gc : 32,174 lbm.ft/lbf.s²

P (atmosfer) : 1 atm = 14,696 psia

D (diameter) : 2,24 ft = (2,24 x 39,37) / 3,2808
= 26,90 in

r (jari - jari) : 26,90 / 2 = 13,45 in

maka :

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat



$$P = ((\text{Feed} \times g) / gc) / (\pi / 4 \times D^2)$$

$$= 2,39 \text{ lbf/in}^2 = 2,39 \text{ psia}$$

$$P \text{ design} = 1,05 (2,39 + 14,696) = 17,94 \text{ psia}$$

$$\text{Menentukan tebal shell (ts)} = ((P \text{ design} \times r) / (f \times E - 0,6 P \text{ design})) + c$$

$$= 0,14 \text{ in (perhitungan)}$$

(Persamaan 13.1, Brownell and Young, hal 254)

Karena dalam penentuan tebal shell tidak boleh ada koma maka dilakukan pembulatan nilai standart ukuran tebal dengan 1/16, sehingga :

- ♥ Tebal shell (ts) yang dipakai : 0,1875 in (standart ketentuan)

Spesifikasi Rotary Dryer

Fungsi : Mengurangi kadar air dari 9,78% menjadi 0,3% pada asam oksalat dihidrat.

Diameter (D)	: 2,24 ft = 0,68 m
Panjang (L)	: 17,93 ft = 5,47 m
Kecepatan Putar (N)	: 11,37 rpm
Jumlah flight	: 7 buah
Jarak antar flight	: 1,76 ft = 0,54 m
Tinggi flight	: 0,22 ft = 0,07 m
Power (P)	: 2,51 hp
Waktu tinggal	: 7,27 menit
Tebal shell RD	: 0,1875 in = 0,02 m
Kemiringan RD	: 4,574°

3. CYCLONE

Fungsi : Menangkap partikel padat (asam oksalat) yang terbawa udara panas keluar dari Rotary Dryer.

Udara pemanas	: 21472,51 kg/hari
	: $21472,51 / 0,45359 = 47339,03 \text{ lb/hari}$

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

$47339,03 / 24 = 1972,46 \text{ lb/jam}$
 Densitas udara kering : $0,080711 \text{ lbm/ft}^3$
 (pada 0°C dan tekanan 760 mmHg)
 (Geankoplis, "Transport Process and Unit Operation", 2nd edition, Appendix A.1, halaman 793)
 Kapasitas udara pemanas dalam Rotary Dryer : $1972,46 / 0,080711$
 $: 24438,55 \text{ ft}^3/\text{jam}$
 $: 24438,55 / 3600$
 $: 6,79 \text{ ft}^3/\text{s}$
 Berdasarkan Perry 6th edition, hal 20-87 menyatakan bahwa kecepatan velocity gas masuk cyclone berkisar antara $50 - 90 \text{ ft/s}$, sehingga diambil kecepatan gas masuk cyclone = 70 ft/s .

maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Area Inlet (} A_c \text{)} &: 6,79 / 70 = 0,0970 \text{ ft}^2 \\
 &= 0,0970 \times 12^2 \\
 &= 13,96 \text{ in}^2 \text{ (1 ft = 12in)}
 \end{aligned}$$

$$A_c = B_c \times H_c$$

$$B_c = D_c / 4 \text{ sehingga } D_c = 4 B_c \text{ (Persamaan 1)}$$

$$H_c = D_c / 2 \text{ (Persamaan 2)}$$

dimana :

$$(B_c / D_c) = 1/12 \text{ sampai } 1/4 \text{ (Perry 6}^{\text{th}}, \text{ halaman 20-81)}$$

$$(H_c / D_c) = 1/4 \text{ sampai } 1/2$$

$$(D_c / D_c) = 1/4 \text{ sampai } 1/2$$

Substitusi persamaan 1 ke persamaan 2 :

$$\heartsuit H_c = 4 B_c / 2 = 2 B_c$$

$$\begin{aligned}
 \heartsuit A_c = B_c \times 2 B_c = 2 B_c^2 \text{ sehingga } B_c &= (13,96 / 2)^{1/2} \\
 &= 3,49 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\heartsuit H_c = 2 B_c, \text{ maka } H_c = 2 \times 3,49 = 6,98 \text{ in}$$

$$\heartsuit H_c = D_c / 2$$

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi Asam Nitrat



$$\heartsuit D_c = 2 H_c, \text{ maka } D_c = 2 \times 6,98 = 13,96 \text{ in}$$

$$\heartsuit L_c = 2 D_c, \text{ maka } L_c = 2 \times 13,96 = 27,93 \text{ in}$$

$$\heartsuit S_c = D_c / 8, \text{ maka } S_c = 13,96 / 8 = 1,75 \text{ in}$$

$$\heartsuit J_c = D_c / 4, \text{ maka } J_c = 13,96 / 4 = 3,49 \text{ in}$$

$$\heartsuit D_e = D_c / 2, \text{ maka } D_e = 13,96 / 2 = 6,98 \text{ in}$$

$$\heartsuit Z_c = 2 D_c, \text{ maka } Z_c = 2 \times 13,96 = 27,93 \text{ in}$$

Untuk pengecekan hasil perhitungan digunakan standart ukuran cyclone :

- $(B_c / D_c) = 3,49 / 13,96 = 0,25$ (sesuai)
- $(H_c / D_c) = 6,98 / 13,96 = 0,5$ (sesuai)
- $(D_e / D_c) = 6,98 / 13,96 = 0,5$ (sesuai)

(Perry 6th edition, halaman 20-84)

Spesifikasi Cyclone :

Fungsi : Menangkap partikel padat (asam oksalat) yang terbawa udara panas keluar dari Rotary Dryer.

Kapasitas : 6,79 ft³/s

Type Cyclone : Effluent dust cyclone

Ukuran Cyclone :

$$A_c : 13,96 \text{ in}^2$$

$$B_c : 3,49 \text{ in}$$

$$H_c : 6,98 \text{ in}$$

$$D_c : 13,96 \text{ in}$$

$$L_c : 27,93 \text{ in}$$

$$S_c : 1,75 \text{ in}$$

$$J_c : 3,49 \text{ in}$$

$$D_e : 6,98 \text{ in}$$

$$Z_c : 27,93 \text{ in}$$

4. HEATER UDARA

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk Rotary Dryer.

Type : Shell and Tube

Material : Carbon Steel SA 167 (25 Cr 20 Ni) grade 10 type 310

Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi Asam Nitrat

Shell side : (Kern, hal 166 – 167)

ID	: 12 in
Baffle space	: 12 in
Passes (n)	: 2

Tube side : (Kern, Tabel 9 dan 10, halaman 842 – 843)

Number (Nt)	: 12
Length (L)	: 10 ft
OD	: 1 1/2 in
BWG	: 12 BWG
Pitch	: 1 7/8 in (triangular pitch)
Passes (n)	: 4

Data standart perhitungan : (Kern, tabel 8, hal 840)

Dirt Factor (Rd)	: 0,003 hr.ft ² .°F/Btu
Press.drop @ aliran	: 2 psi (untuk gas)
Overall U _D	: 5 sampai 50 Btu/hr.ft ² .°F

Data untuk perhitungan :

T _{masuk}	: 30°C = 9 / 5 x (30 + 32) = 86°F
T _{keluar}	: 100°C = 9 / 5 x (100 + 32) = 212°F
T _{steam}	: 200°C = 9 / 5 x (200 + 32) = 392°F
T _{avg}	: (T _{masuk} + T _{keluar}) / 2 = 149°F
P _{steam}	: 300 psi
massa udara masuk	: 1972,46 lb/hr

1. Heat Balance :**Udara :** (Kern, Figure 3, halaman 805)

Specific heat (c) udara pada suhu 149°F : 0,25 Btu/lb.°F

 $Q = m c \Delta T = 1972,46 \times 0,25 \times (212 - 86) = 62132,48 \text{ Btu/hr}$ **Steam :** (Geankoplis, 2nd edition, Appendix A.2-9, hal 802) / (Kern, Tabel 7, hal 816)Entalphy steam (H_v) pada 392°F : 1200,88 Btu/lb**Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi Asam Nitrat**

$Q = m H_v$ ($Q_{\text{steam}} = Q_{\text{udara}}$), maka massa steam (W) = 51,74 lb/hr

2. T different :

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.
392	High. Temp	212	180
392	Low. Temp	86	306
0	Diff.	126	126

Ketika $R = 0$, $\Delta T = \text{LMTD}$, maka nilai LMTDnya :

$$\text{LMTD} = (306 - 180) / \ln (306 / 180) = 237,45 \text{ } ^\circ\text{F}$$

3. T_c dan t_c :

Digunakan t average (t_a) sebesar : 149°F ($t_c = t_a$)

Untuk nilai T_c menggunakan nilai T_a : 392°F ($T_c = T_a$)

Hot fluid : tube side (steam)

Cold fluid : shell side(udara)

4. Menentukan luas (a_t) :

$$a'_t : 1.290 \text{ in}^2 \text{ (Tabel 10)}$$

$$a_t : Nt a'_t / 144 n, \text{ sehingga :}$$

$$a_t : 0,703 \text{ ft}^2$$

5. G_t (hanya untuk press.drop) :

$$G_t = W / a_t, \text{ sehingga :}$$

$$G_t = 73,58 \text{ lb/hr.ft}^2$$

6. Menentukan Re_t :

$$\text{Pada } T_a : 392^\circ\text{F}$$

$$\mu_{\text{steam}} : 0.0162 \text{ cp (Fig. 15)}$$

$$: 0.0162 \times 2.42$$

$$: 0.04 \text{ lb/ft.hr}$$

$$D : 1.08 \text{ in (Tabel 10)}$$

4'. Menentukan luas (a_s) :

$$a_s = ID C' B / 144 n \text{ Pt (pitch)}$$

$$\text{dimana } C' = \text{pitch} - OD,$$

sehingga :

$$a_s = 0,027 \text{ ft}^2$$

5'. Menentukan G_s :

$$G_s = w / a_s, \text{ sehingga :}$$

$$G_s = 73393,84 \text{ lb/hr.ft}^2$$

6'. Menentukan Re_s :

$$\text{Pada } t_a : 149^\circ\text{F}$$

$$\mu_{\text{steam}} : 0.0198 \text{ cp (Fig. 15)}$$

$$: 0.0198 \times 2.42$$

$$: 0.05 \text{ lb/ft.hr}$$

$$De : 1.28 \text{ in (Fig. 28)}$$

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi
Asam Nitrat



$$: 1.08 / 12$$

$$: 0.090 \text{ ft}$$

$Re_t = D G_t / \mu \text{ steam, sehingga :}$

$$Re_t = 168.93$$

9. Condensation of steam :

$$h_{io} = 1500 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

10. t_w^* :

$$t_w = t_c + (h_{io} / (h_{io} + h_o))(T_a - t_a)$$

$$t_w = 389.43^\circ\text{F}$$

13. Clean overall coefficient U_c :

$$U_c = (h_{io} \times h_o) / (h_{io} + h_o), \text{ sehingga :}$$

$$U_c = 15.261 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

14. Design overall coefficient U_d :

$$\text{External surface/ft, } a'' = 0.3925 \text{ ft}^2/\text{lin.ft}$$

$$: 1.28 / 12$$

$$: 0.1067 \text{ ft}$$

$Re_s = De G_s / \mu \text{ steam, sehingga :}$

$$Re_s = 163383.349 (\text{for press.drop})$$

7'. j_H :

$$j_H = 115 (\text{Fig. 28})$$

$$\text{dengan } L/D = 10 / 0.1067$$

$$= 93.75$$

8'. Menentukan nilai k :

$$\text{Pada } t_a : 174.6^\circ\text{F}$$

$$k : 0.01741 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/ft}$$

$$(c \mu / k)^{1/3} = 0.935$$

9'. Menentukan nilai h_o/Φ_s :

$$h_o = j_H (k / De) ((c \mu / k)^{1/3}) \Phi_s$$

$$\text{sehingga : } h_o / \Phi_s = 18.77$$

10'. Menentukan nilai h_{io} / μ_s :

$$h_{io} / \Phi_s = (h_{io} / \Phi_s) (ID / OD)$$

$$\text{sehingga : } h_{io} / \Phi_s = 16$$

11'. Menentukan Φ_s :

$$\text{Pada } t_w : 389.43^\circ\text{F}$$

$$\mu_w \text{ udara} : 0.026 \text{ cp}$$

$$0.026 \times 2.42 : 0.063 \text{ lb/ft.hr}$$

$$\Phi_s = (\mu / \mu_w)^{0.14}, \text{ sehingga :}$$

$$\Phi_s = 0.963$$

12'. Corrected coefficient :

$$h_o = (h_o / \Phi_s) \Phi_s, \text{ sehingga :}$$

$$h_o = 15.418 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$



$$A = Nt \times L \times a'' = 47.10 \text{ ft}^2$$

$$U_D = Q / A \Delta T = 5.555 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \text{ (memenuhi)}$$

15. Dirt factor R_d :

$$R_d = (U_c - U_D) / (U_c \times U_D), \text{ sehingga :}$$

$$R_d = 0.114 \text{ hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$$

Karena R_d hitung $>$ R_d ketentuan maka pressure drop perlu dihitung.

PRESSURE DROP

1. Specific volume of steam :

$$v : 1.5433 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$s : (1/1.5433) / 62.5$$

$$: 0.0104$$

$$Re_t : 168.93$$

$$f : 0.0005 \text{ (Fig. 26)}$$

maka :

$$\text{Press.drop} : (\Phi_t = 1)$$

$$= \frac{1}{2} (f G_t^2 L n) / (5.22 \times 10^{10})$$

$$D_s \Phi_t)$$

$$= 1.10595 \text{ psi (memenuhi)}$$

1'. Menentukan f :

Untuk Re_s : 163383.349, maka :

$$f : 0.0018 \text{ (Fig. 29)}$$

2'. Menentukan number of

crosses :

$$N + 1 = n (12 L / B), \text{ sehingga :}$$

$$N + 1 = 20$$

$$D_s \quad ID / 12 = 1 \text{ ft}$$

$$\text{Density udara} : 0.0625 \text{ lbm/ft}^3$$

(Geankoplis, App A.3-3, hal 809)

$$s : 0.0625 / 62.5$$

$$: 0.0009136$$

3'. Menentukan pressure drop

Press.drop :

$$= f G_s^2 D_s (N + 1) / 5.22 \times 10^{10}$$

$$D_e s \Phi_s$$

$$= 3.609 \text{ psi (memenuhi)}$$

Spesifikasi Heater Udara

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk Rotary Dryer.

Type : Shell and Tube

Material : Carbon Steel SA 167 (25 Cr - 20 Ni) grade 10 type 310

Pabrik Asam Okxalat dari Kulit Pisang dengan Proses Okxidasi
Asam Nitrat

**Shell side :**

- ID : 12 in
 Baffle space : 12 in
 Passes (n) : 2
 Press.drop : 3.609 psi

Tube side :

- Number (Nt) : 12
 Length (L) : 10 ft
 OD : 1 1/2 in
 BWG : 12 BWG
 Pitch : 1 7/8 in (triangular pitch)
 Passes (n) : 4
 Press.drop : 1.10595 psi

**Pabrik Asam Oksalat dari Kulit Pisang dengan Proses Oksidasi
 Asam Nitrat**

RIWAYAT PENULIS



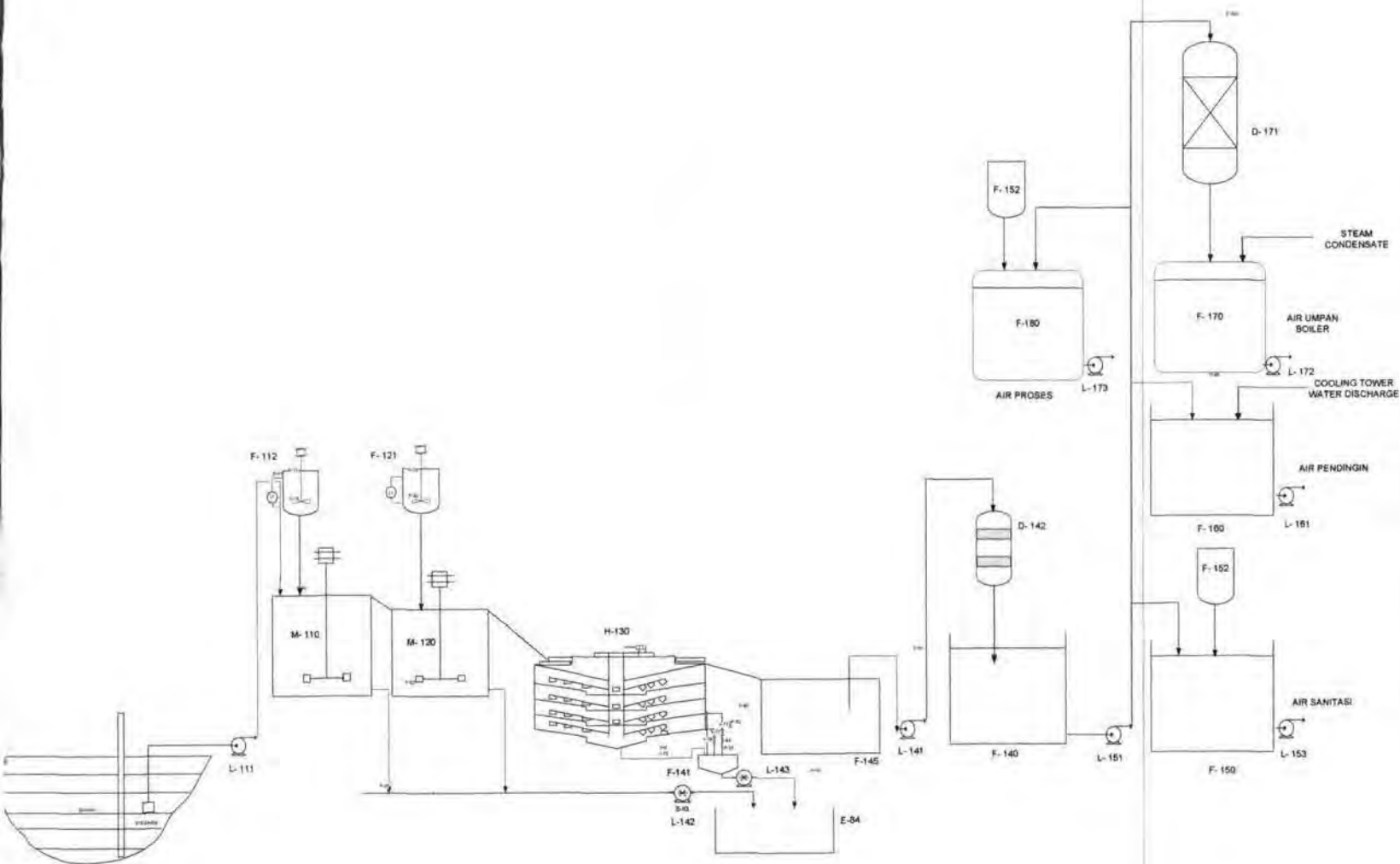
Penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 23 Desember 1988, merupakan anak ke-1 dari 1 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Mangkunegara II Surabaya, SDN Pakis VIII Surabaya, SLTP Negeri 6 Surabaya, SMA 17 Agustus 1945 Surabaya. Telah lulus dari SMA tahun 2006, penulis mengikuti Tes Masuk DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Kimia FTI-ITS

pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP. 2306 030 029. Penulis sempat aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler dan aktif di beberapa kepanitiaan kegiatan yang diselenggarakan baik tingkat jurusan (Himpunan DIII Teknik Kimia) maupun tingkat Institut (BEM ITS). Pada saat kuliah ia diberi kepercayaan menjabat sebagai Staff Humas Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS. Selain itu, banyak pula jenis pelatihan yang pernah diikutinya selama menjadi mahasiswa di lingkungan ITS.


RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 10 Juni 1988, merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Botoputih Surabaya, SD Muhammadiyah 19 Surabaya, SLTP Negeri 31 Surabaya, SMAN 19 Surabaya. Telah lulus dari SMA tahun 2006, penulis mengikuti Tes Masuk DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP. 2306 030 085. Penulis sempat aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler dan aktif di beberapa kepanitiaan kegiatan yang diselenggarakan baik tingkat jurusan (Himpunan DIII Teknik Kimia) maupun tingkat Institut (BEM ITS). Pada saat kuliah ia diberi kepercayaan menjabat sebagai Sekertaris Umum Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Selain itu, banyak pula jenis pelatihan yang pernah diikutinya selama menjadi mahasiswa di lingkungan ITS.



25	L-173	Pompa seluar bak air proses	1
24	F-180	Bak air proses	1
23	L-172	Pompa keluar bak air umpan boiler	1
22	D-171	Tangki Kalori Exchanger	1
21	F-170	Bak air umpan boiler	1
20	L-161	Pompa keluar bak air pendingin	1
19	F-160	Bak air pendingin	1
18	L-153	Pompa keluar bak air sanitasi	1
17	F-152	Tangki resin-Reactan	2
16	L-151	Pompa head bak air sanitasi	1
15	F-150	Bak air sanitasi	1
14	D-142	Kalori Filter	1
13	L-141	Pompa head bak air bersih	1
12	F-140	Bak air bersih	1
11	F-130	Tangki Penampung	1
10	F-134	Pompa Tangki Penampung	1
9	F-133	Drying bed	1
8	L-132	Pompa head Drying bed	1
7	F-131	Bak penampung lumpur	1
6	H-130	Clarifier	1
5	F-121	Tangki Ca(OH) ₂	1
4	M-120	Bak Flokulas	1
3	F-112	Tangki Tawas	1
2	L-111	Pompa air awgah	1
1	M-110	Bak Koagulasi	1

No	KODR	NAMA ALAT	JUMLAH
Dylla Chandas W 2366 030 029 Emy Janyati 2366 030 085		ir. Dyah Wisnu R. MT NIP. 131 450 284	
DISKUSIKAN (SABU)		DOSEN PEMBIMBING	
JELAW SIBET PENGOLAHAN AIR FABRIK ASAM OKSALAT DARI KULIT PISANG DENGAN PROSES OKSIDASI ASAM NITRAT			
 PROGRAM STUDI DI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			