

SKRIPSI
PRA RANCANGAN PEMBUATAN PABRIK ASAM SITRAT
KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya



Dara Ayu
NIM 03031381821002
Mien Agustina Besemah
NIM 03031381821014

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Sitrat Kapasitas 65.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- 2) Ibu Ir. Hj. Rosdiana Moeksin M.T., selaku dosen pembimbing
- 3) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Proses Pembuatan	2
1.4. Sifat Fisika, Kimia dan MSDS	6
1.4.1. Bahan Baku Utama	6
1.4.2. Bahan Baku Penunjang.....	9
1.4.3. Produk Utama	21
1.4.4. Produk Samping	24
1.5. Kegunaan Produk Asam Sitrat	25
BAB II PERENCANAAN PABRIK	28
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	28
2.2. Penentuan Kapasitas	28
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	30
2.4. Pemilihan Proses.....	31
2.5. Uraian Proses	34
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	38
3.1. Lokasi Pabrik	38
3.2. Tata Letak Pabrik	39
3.3. Perkiraan Luas Area	40
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	42

4.1. Neraca Massa	42
4.1.1. Neraca Massa Tangki Pengenceran (T-02).....	42
4.1.2. Neraca Massa Tangki Inokulum (T-03).....	43
4.1.3. Neraca Massa Fermentor (F-01)	43
4.1.4. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter I (RF-01)	43
4.1.5. Neraca Massa Liming Tank (T-05)	44
4.1.6. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter II (RF-02).....	44
4.1.7. Neraca Massa Tangki Asidulasi (T-07)	44
4.1.8. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter III (RF-03).....	45
4.1.9. Neraca Massa Vacuum Evaporator (V-01)	45
4.2. Neraca Panas	46
4.2.1. Neraca Panas Sterilier (ST-01)	46
4.2.2. Neraca Panas Cooler (C-01)	46
4.2.3. Neraca Panas Tangki Pengenceran (T-02).....	46
4.2.4. Neraca Panas Tangki Inokulum (T-03)	46
4.2.5. Neraca Panas Fermentor (F-01)	47
4.2.6. Neraca Panas Rotary Drum Vacuum Filter I (RF-01)	47
4.2.7. Neraca Panas Liming Tank (T-05)	47
4.2.8. Neraca Panas Rotary Drum Vacuum Filter II (RF-02)	47
4.2.9. Neraca Panas Tangki Asidulasi (T-07)	48
4.2.10. Neraca Panas Rotary Drum Vacuum Filter III (RF-03)	48
4.2.11. Neraca Panas Vacuum Evaporator (V-01)	48
BAB V UTILITAS	49
5.1. Unit Pengadaan Air	49
5.1.1. Air Pendingin	49
5.1.2. Air Umpan Boiler	51
5.1.3. Air Domestik.....	52
5.1.4. Total Kebutuhan Air	53
5.2. Unit Pengadaan Steam	53
5.2.1. Steam Pemanas	53
5.3. Unit Pengadaan Listrik	54
5.3.1. Listrik untuk Peralatan.....	54

5.3.2. Listrik untuk Penerangan	55
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	56
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	56
5.4.1. Bahan bakar Boiler	56
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	58
6.1. Tangki Penampungan Molasse Kental (T-01)	58
6.2. Pompa (P-01)	59
6.3. Sterilizer (T-02)	60
6.4. Cooler (C-01)	60
6.5. Tangki Pengenceran Molasse Kental (T-03)	61
6.6. Pompa (P-02)	62
6.7. Blower (B-01)	63
6.8. Filter Udara (FU-01)	63
6.9. Tangki Inokulum (T-04)	64
6.10. Pompa (P-03)	65
6.11. Fermentor (F-01)	66
6.12. Pompa (P-04)	67
6.13. Tangki NH ₃ (T-05)	68
6.14. Rotary Drum Vacuum Filter I (RF-01)	69
6.15. Pompa (P-05)	70
6.16. Liming Tank (T-07)	71
6.17. Pompa (P-06)	72
6.18. Rotary Drum Vacuum Filter II (RF-02)	73
6.19. Belt Conveyor (BC-01).....	74
6.20. Tangki Penampungan H ₂ SO ₄ (T-08)	75
6.21. Pompa (P-07)	76
6.22. Tangki Asidulasi (T-09)	77
6.23. Pompa (P-08)	78
6.24. Rotary Drum Vacuum Filter III (RF-03)	79
6.25. Pompa (P-09)	80
6.26. Vacuum Evaporator (E-01)	81
6.27. Barometric Condenser (BC-01).....	82

6.28. Steam Jet Ejector (SE-01)	82
6.29. Tangki Penampungan Asam Sitrat (T-10)	82
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	84
7.1. Bentuk Perusahaan	84
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan	84
7.3. Tugas dan Wewenang	85
7.3.1. Dewan Komisaris	85
7.3.2. Direktur Utama	86
7.3.3. Manager Teknik dan Produksi	86
7.3.4. Manager Keuangan dan Pemasaran	88
7.3.5. Manager Personalia dan Umum	89
7.3.6. Sekretaris	90
7.4. Kepegawaian	90
7.5. Sistem Kerja	90
7.5.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	91
7.5.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	91
7.6. Penentuan Jumlah Karyawan	91
7.6.1. <i>Direct Operating Labour</i>	92
7.6.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	93
BAB VIII ANALISA EKONOMI	98
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	98
8.1.1. Total Penjualan Produk	98
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i>	98
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	99
8.2.1. Perhitungan Depresiasi	100
8.2.2. Lama Pengangsuran Pengembalian Pinjaman	100
8.2.3. <i>Pay Out Time (POT)</i>	101
8.3. Total Modal Akhir	101
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	102
8.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	103
8.4. Laju Pengembalian Modal	104
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	104

8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	104
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	105
8.5.1. Model Matematis	105
8.5.2. Metode Grafis	106
BAB IX KESIMPULAN	109
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Komposisi Molasse Tebu	6
Tabel 2.1. Kebutuhan Impor Asam Sitrat	29
Tabel 2.2. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Sitrat	32
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas	49
Tabel 5.2. Total Kebutuhan Air	53
Tabel 5.3. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 150 °C	54
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan	54
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift	91
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Total Karyawan	94
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk.....	98
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman	101
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Konversi Viskositas Molasse	7
Gambar 1.2. Struktur Molekul Asam Sitrat	21
Gambar 2.1. Grafik Kebutuhan Impor Asam Sitrat di Indonesia	29
Gambar 2.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Asam Sitrat	33
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik	40
Gambar 3.2. Layout Pabrik Pembuatan Asam Sitrat	41
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan	22
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	96
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	107

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C	= Faktor korosi, in
Di	= Diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, dimensionless
F	= Allowance stress, psi
He	= Tinggi head, m
Hs	= Tinggi silinder, m
Ht	= Tinggi total tangki, m
P	= Tekanan Desain, atm
S	= Working stress yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur Operasi, K
V _h	= Volume ellipsoidal head, m ³
V _s	= Volume silinder, m ³
V _t	= Volume tangki, m ³
Ws	= Laju alir massa, kg/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³

2. MIXING TANK

C	= Korosi yang diizinkan, m
E	= Effisiensi pengelasan, dimensionless
S	= Working stress yang diizinkan, psi
D _t	= Diameter tanki, m
Di	= Diameter pengaduk, m
Hi	= Tinggi pengaduk dari dasar tanki
H1	= Tinggi pengaduk
W	= Lebar daun impeller
L	= Panjang daun impeller
V _s	= Volume silinder, m ³
V _e	= Volume ellipsoidal, m ³

t_h	= Tebal tanki, m
N_t	= Jumlah pengaduk
	= Densitas liquid
μ	= Viscosity, cP
t_m	= waktu pengadukan, menit

3. FERMENTOR

C_{Ao}	= konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	= Tebal korosi yang diizinkan, atm
D_K	= Diameter katalis, cm
F_{Ao}	= Laju alir umpan, kmol/jam
H_r	= Tinggi Reaktor, m
ID	= Inside Diameter, m
k	= Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol.s
N	= Bilangan Avogadro
OD	= Outside Diameter, m
P	= Tekanan, atm
Q_f	= Volumetric Flowrate Umpan
Re	= Bilangan Reynold
S	= Working Stress yang diizinkan, atm
T	= Temperatur. °C
t	= Tebal dinding vessel
V_t	= Volume reaktor, m ³
X	= Konversi
ρ	= Densitas
	= Diameter Partikel, cm

4. ROTARY DRUM VACUUM FILTER

A	= Area Filtrasi, m ²
C	= Konsentrasi solid dalam feed, kg/m ³
mf	= Flowrate feed, kg/jam
V	= Volume liquid, m ³

ρ_c	= Densitas cake, kg/m^3
ρ_s	= Densitas campuran, kg/m^3
	= Waktu filtrasi, menit

5. BELT CONVEYOR

C	= Faktor material
H	= Panjang <i>belt</i> , ft
THP	= Kapasitas <i>belt</i> , ton/jam
f	= Faktor keamanan, %
V	= Tinggi <i>belt</i> , ft
W_s	= Laju alir massa, kg/jam

6. COOLER DAN EVAPORATOR

A	= Area perpindahan panas, ft^2
C	= Clearance antar tube, in
D	= Diameter dalam tube, in
D_e	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft^2/in^2
G_s	= Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft^2
G_t	= Laju alir massa fluida pada tube, lb/jam.ft^2
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$
h_i, h_{io}	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, $\text{Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$
L	= Panjang tube, pipa, ft
LMTD	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
N_t	= Jumlah tube
P_T	= Tube pitch, in
ΔP_r	= Return drop sheel, Psi
ΔP_s	= Penurunan tekanan pada shell, Psi
ΔP_t	= Penurunan tekanan tube, Psi

ID	= Inside Diameter, ft
OD	= Outside Diameter, ft
ΔP_T	= Penurunan tekanan total pada tube, Psi
Q	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
R_d	= Dirt factor, Btu/jam.ft ² .°F
R_e	= Bilangan Reynold, dimensionless
s	= Specific gravity
T_1, T_2	= Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	= Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_c	= Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	= Clean overall coefficient, design overall coefficient, Btu/jam.ft ² .°F
W_1	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
W_2	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	= Viscositas, cp

7. POMPA

A	= Area alir pipa, in ²
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_i \text{ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_f \text{ suc}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_f \text{ dis}$	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
H_{fsuc}	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)
H_{fc}	= Sudden expansiom friction loss (ft lb _m /lb _f)

ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft
L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumeterik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, Psi

13. KOMPRESOR

Cfm	= Cubic feed per menit
k	= Spesific heat
N_s	= Jumlah stage
P_w	= Power yang dibutuhkan, HP
P	= Tekanan, Psi
Rc	= Ratio Pout/Pin, dimensionless
R_{ct}	= ratio kompresi per stage, dimensionless
W	= Laju feed
ρ_v, ρ_l	= Densitas gas, liquid, kg/m^3

14. BLOWER

A	= Luas permukaan <i>blower</i> , ft^2
D_{opt}	= Diameter optimum pipa, in
P	= Tekanan <i>blower</i> , in H_2O
Q	= Debit volumetric, ft^3/jam
W_s	= Laju alir massa, kg/jam
V	= Kecepatan udara, ft/detik
	= Densitas, kg/m^3

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA	113
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS	154
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN.....	181
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI	311

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai anggota ASEAN tergantung dalam Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA). Masyarakat Ekonomi ASEAN adalah bentuk kerjasama antar anggota negara-negara ASEAN yang terdiri dari Brunei, Filipina, Indonesia, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Singapura, Thailand dan Vietnam. Melalui MEA, terjadi pemberlakuan perdagangan bebas antar negara-negara anggota ASEAN. Dalam upaya Indonesia untuk meningkatkan daya saing dalam perdagangan bebas, perlu dilakukan percepatan pembangunan dalam sektor industri.

Salah satu wujud pembangunan tersebut adalah pembangunan sektor industri kimia di Indonesia. Pembangunan industri kimia di Indonesia diharapkan dapat bersaing dalam perdagangan bebas dan mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain. Sektor andalan ini ditargetkan terus berkembang sehingga menjadi penggerak utama dalam pertumbuhan industri dan ekonomi nasional.

Industri kimia yang diperkirakan mampu bersaing adalah industri pembuatan asam sitrat. Asam sitrat merupakan salah satu sumber penunjang lainnya. Asam sitrat memiliki nama IUPAC *asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat* dan rumus kimia $C_6H_8O_7$. Asam sitrat berwujud kristal berwarna putih, tidak berbau dan memiliki rasa asam. Asam sitrat digunakan untuk zat pemberi cita rasa dan pengawet makanan dan minuman ringan.

Pendirian pabrik asam sitrat di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam sitrat dalam negeri dan kawasan ASEAN, dapat memperkecil ketergantungan Indonesia akan impor bahan-bahan kimia dari luar negeri, terutama asam sitrat yang juga dapat dijadikan komoditi ekspor. Hal ini tentunya akan berimbas terhadap penghematan devisa negara dan dapat menambah devisa negara.

Sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan asam sitrat, Indonesia masih mengimpor dari Rusia, Amerika, Jerman dan Inggris.

Bertitik tolak dari kenyataan tersebut, maka perlu kiranya membuat suatu Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Sitrat.

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Awalnya, asam sitrat diperoleh dalam bentuk kristal melalui proses isolasi dari jus lemon pada tahun 1784 oleh Carl Scheele, seorang ahli kimia Swedia (1742-1786). Asam sitrat pertama kali diproduksi secara komersial di Inggris sekitar 1826 menggunakan bahan baku dari lemon Italia yang diimpor. Setelah itu pada tahun 1880 Grimoux dan Adam menemukan metode baru dengan mensintesis asam sitrat dari gliserol. Kemudian pada tahun 1893 Wehmer mengindikasikan bahwa asam sitrat juga dapat diperoleh melalui proses fermentasi pada medium yang berisi gula dan garam-garam organik oleh beberapa jenis fungi yang disebut *Citromyces* (sekarang lebih sering disebut *Penicillium*). Setelah penemuan tersebut, banyak mikroorganisme lain yang diketahui dapat memproduksi asam sitrat pula, diantaranya : *A. niger*, *A. awamori*, *A. nidulans*, *A. fonsecaeus*, *A. luchensis*, *A. phoenicus*, *A. wentii*, *A.saitoi*, *A. flavus*, *Absidia sp.*, *Acremonium sp.*, *Botrytis sp.*, *Eupenicillium sp.*, *Mucor piriformis*, *Penicillium janthinellum*, *P. restrictum*, *Talaromyces sp.*, *Trichoderma viride* dan *Ustilina vulgaris*.

Pada tahun 1917, Currie menegaskan bahwa strain - strain dari *Aspergillus niger* merupakan fungi yang paling baik untuk digunakan dalam produksi asam sitrat, karena dapat tumbuh sangat subur di media nutrisi yang memiliki konsentrasi gula dan garam mineral yang tinggi. Dengan demikian, *Aspergillus niger* digunakan oleh produsen utama industri asam sitrat, walaupun banyak mikroorganisme lain yang juga dapat digunakan untuk memproduksi asam sitrat.

1.3 Proses Pembuatan

Jenis-jenis Proses Pembuatan Asam Sitrat

Proses pembuatan asam sitrat pertama kali dilakukan dengan fermentasi dari perasan buah-buahan yang memiliki rasa asam dengan metode Scheele (1784) dan dihasilkan asam sitrat alami. Dengan ditemukannya *A. niger* dan bahan baku yang lebih bervariasi (cane molasses, beet molasses, singkong, dll)

maka proses pembuatan asam sitrat semakin berkembang. Proses pembuatan asam sitrat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Proses Surface

Menurut media yang digunakan untuk mengembangkan jamur, proses ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Proses surface dengan menggunakan media padat
- Proses surface dengan menggunakan media cair

2. Proses Submerged

Menurut fermentor yang digunakan, proses ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Proses submerged dengan menggunakan reactor stirred
- Proses submerged dengan menggunakan reactor airlift

(Crueger, W., "Biotechnology", p. 116)

1. Proses Surface

a. Proses surface dengan menggunakan media padat

Proses ini surface dengan menggunakan media padat dilakukan dengan menggunakan media padat dari tepung gandum atau pulp dari kentang. Pada proses ini, mikroba kurang sensitive terhadap tingginya konsentrasi mineral mikro. Mula-mula pH bahan diturunkan menjadi 4-5. Setelah disterilisasi, bahan disebarkan diatas baki setebal 3 sampai 5 cm dan diinokulasi dengan spora/jamur *A. niger*. Fermentasi ini dilangsungkan pada suhu 28 °C selama 5-8 hari. Meskipun *A. niger* dapat menghasilkan amilase untuk menghidrolisa pati gandum, namun penambahan amilase dari luar dapat mempercepat pertumbuhan jamur. Asam sitrat yang dihasilkan diekstraksi dengan air panas.

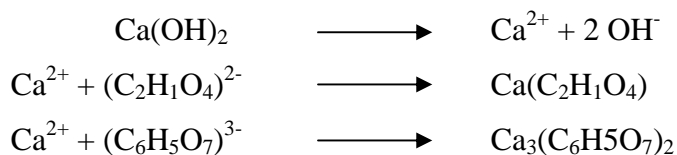
(Crueger, W., "Biotechnology", p. 116)

b. Proses surface dengan menggunakan media cair

Fermentasi ini menggunakan media cair pada tempat yang tidak terlalu dalam, sehingga memperluas bidang kontak antara media dengan oksigen di udara.

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah molasses, dimana setelah diformulasi (penambahan mineral makro dan pengaturan konsentrasi mineral mikro), media disterilkan. Kemudian disebarkan didalam tempat yang lebar. Media tersebut diinokulasi dengan spora kering ($2 - 5 \times 10^7$ spora per m^2) atau dengan suspensi spora. Fermentasi dilangsungkan pada suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ selama 8 sampai 14 hari. Pemberian aliran udara di dalam tempat fermentasi dibutuhkan agar tidak terjadi penimbunan gas karbon dioksida. Karena pada kadar karbon dioksida $> 10\%$, produksi asam sitrat akan berkurang. Proses ini dapat menghasilkan 1,2 - 1,5 kg asam sitrat monohidrat tiap m^2 permukaan media per hari.

Tahap selanjutnya adalah proses pemanenan dan pemurnian hasil. Mula-mula dilakukan pemisahan bagian cair dari bagian padat dengan cara pencucian atau pemerasan miselium dengan cara filtrasi. Larutan yang dihasilkan ditambah dengan garam kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), yang akan menyebabkan asam oksalat (*by-product*) mengendap sebagai kalsium oksalat, dan dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berlebih menyebabkan asam sitrat bergabung dengan ion Ca^{2+} membentuk kalsium sitrat yang mengendap. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Selanjutnya kalsium sitrat yang mengendap dipisahkan secara filtrasi. Pemurnian selanjutnya adalah dengan menambahkan asam sulfat sehingga asam sitrat terlarut lagi dan terbentuk endapan kalsium sulfat. Larutan yang mengandung asam sitrat tersebut dimurnikan dengan menggunakan karbon aktif. Terakhir adalah kristalisasi pada suhu diatas $40\text{ }^\circ\text{C}$ untuk membentuk asam sitrat anhidrat atau suhu dibawah $37\text{ }^\circ\text{C}$ untuk membentuk asam sitrat monohidrat.

2. Proses Submerged

Saat ini, sebagian besar (80%) produksi asam sitrat di dunia berasal dari proses submerged (kultur terendam). Pada proses ini ada tiga faktor yang akan mempengaruhi produksi, yaitu :

1. Kualitas bahan yang digunakan untuk pembuatan fermentor

Fermentor untuk produksi asam sitrat harus tahan terhadap asam yaitu stainless steel, karena pada pH 1-2 logam berat akan terlepas dari dinding fermentor yang terbuat dari stainless biasa. Pelepasan logam berat ini akan menghambat pembentukan asam sitrat.

2. Struktur miselia

Struktur miselia yang terbentuk selama tropophase sangat mempengaruhi proses produksi. Apabila miselia banyak yang hilang dan berfilamen, dengan cabang yang terbatas serta tidak ada chlamidospora maka akan menghasilkan sedikit asam sitrat pada saat idiophase. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, miselia yang digunakan harus mempunyai kandungan padatan yang sangat sedikit. Rasio antara besi dan tembaga menunjukkan struktur miselia.

3. Suplai oksigen

Meskipun *A. niger* memerlukan sedikit oksigen, akan tetapi sangat sensitif apabila kekurangan oksigen. Laju aerasi sekitar 0,2-1 vvm selama fase pembentukan asam.

Apabila viskositas rendah tidak diperlukan pengadukan. Sistem submerged ini tidak terpengaruh terhadap variabilitas komposisi media dan komposisi molasses bila dibandingkan dengan sistem surface, sehingga sistem ini lebih banyak digunakan.

Proses fermentasi ini menghasilkan busa pada fermentor. Sepertiga dari volume reactor digunakan untuk menampung busa ini. Untuk mengurangi terbentuknya busa ditambahkan zat antifoam dan pemecah busa mekanis.

(Crueger, W., "Biotechnology", p. 118)

a. Proses submerged menggunakan fermentor dengan reactor stirred

Proses ini menggunakan fermentor dengan pengaduk, yang berfungsi untuk melarutkan oksigen yang terlarut dalam bahan baku sehingga perkembangan jamur yang digunakan dapat berkembang dengan baik. Proses ini baik digunakan untuk bahan yang memiliki viskositas tinggi.

b. Proses submerged dengan menggunakan reactor airlift

Proses ini menggunakan hembusan udara dari bawah fermentor, dimana proses ini kurang menguntungkan bagi jamur, karena jamur yang digunakan sensitif terhadap udara yang berlebih. Proses ini baik digunakan untuk bahan yang memiliki viskositas rendah.

1.4 Sifat Fisika, Kimia dan MSDS (Material Safety Data Sheets)

1.4.1. Bahan Baku Utama : Molasse Tebu

Tabel 1.1 Komposisi Molasse Tebu (Olbrich, 1963)

Komponen	%
Air	20
<u>Senyawa Organik</u>	
Gula :	
Sukrosa	32
Glukosa	14
Fruktosa	16
Senyawa Nitrogen	10
<u>Senyawa Anorganik</u>	
SiO ₂	0,5
K ₂ O	3,5
CaO	1,5
MgO	0,1
P ₂ O ₅	0,2
Fe ₂ O ₃	0,2
Residu Sulfat (Sebagai SO ₃)	1,6
Klorida	0,4
	100

Sifat fisik dan kimia:

- Penampilan : Cairan kental berwarna coklat kehitaman
- Bau : Manis
- Titik beku : $< 32^{\circ}\text{F}$
- Titik nyala : 224°F
- S.g : 1,4 (air = 1)
- Spesific heat : $0,5 \text{ kal/kg/}^{\circ}\text{C}$
- pH : 5 – 6
- kelarutan : Memiliki kelarutan yang tinggi dalam air
- viskositas : Bervariasi tergantung pada brix

Viskositas molasse pada suhu tertentu dapat ditentukan apabila viskositasnya pada suhu lain sudah diketahui. Hal tersebut digambarkan pada grafik di bawah ini, di mana titik awal untuk perbandingan adalah viskositas molasse pada 40°C (absis). Nilai ordinat menunjukkan viskositas molasse yang dicari tergantung pada suhu yang dipilih.

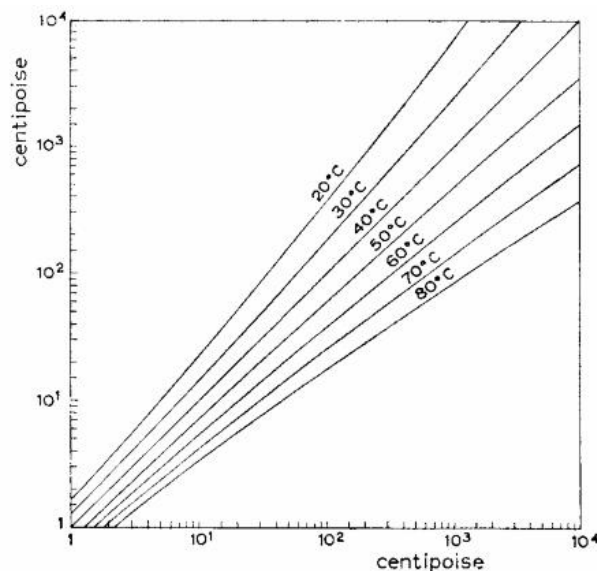


Fig. 11/4. Diagram for converting molasses viscosities at temperature T to the corresponding viscosities at other temperatures (according to BREITUNG, 'Institut für Zuckerindustrie', Berlin).

Gambar 1.1 Diagram konversi viskositas molasse

- ❖ Potensi bahaya
 - Apabila terjadi kontak dengan mata dan kulit yang sensitif dapat menyebabkan iritasi.
 - Apabila tertelan dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan sakit perut dan mual.
 - Apabila terhirup dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa hidung.
 - Dapat spontan terbakar jika dipanaskan di atas 60°C.

- ❖ Pertolongan pertama
 - Mata : Siram segera dengan air mengalir selama minimal 15 menit sambil membuka kelopak mata untuk memastikan air mengalir pada mata jaringan dalam kelopak mata. Jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis.
 - Kulit : Cuci dengan sabun kemudian bilas dengan air mengalir. Lepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminat. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.
 - Tertelan : minumlah air / susu untuk menetralkan, kemudian dimuntahkan. Hubungi pihak medis atau dokter segera.
 - Terhirup : Pindahkan korban ke udara segar dan segera hubungi dokter.

- ❖ Penyimpanan
 - Simpan dalam wadah plastik atau baja dengan kuningan. Wadah harus mampu menampung cairan kental dengan *specific gravity* yang tinggi.
 - Pengenceran dengan air sementara dalam penyimpanan dapat menyebabkan fermentasi.
 - Tumpahan dan Pembuangan. Tumpahan dapat diambil kembali jika tidak terkontaminasi. Kontaminasi dengan air dapat menyebabkan fermentasi. Begitu pula pada saat pembuangan, kontaminasi dengan air limbah juga dapat menyebabkan fermentasi.

1.4.2. Bahan Baku Penunjang

1. *Aspergillus niger*

Banyak jenis mikroba yang dapat digunakan dalam pembuatan asam sitrat, diantaranya *Aspergillus niger*, *Aspergillus wentii*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium luteum*. Diantara semuanya, *Aspergillus niger* merupakan galur yang paling produktif.

- a. *Aspergillus niger* berasal dari genus *Aspergillus*, kelas *Euroteomycetes*, dan kerajaan *Fungi*.
- b. Merupakan jenis mikroorganisme aerobik.
- c. Tumbuh pada suhu 6°C- 8°C (minimum) dan 35°C - 37°C (optimum).
- d. Memiliki bulu dasar berwarna putih atau kuning dan lapisan konidiosporanya tebal serta halus berwarna coklat gelap kehitaman.
- e. Kepala konodianya berukuran 3,5 - 5 mikron berwarna coklat kehitaman dan berbentuk bulat hingga semibulat serta memiliki tonjolan pada permukaan.
- f. Dinding selnya terdiri dari komponen karbohidrat dan glukosa (73% - 83%), hexosamine (9% - 13%), lipid (2% - 7%) , protein (0,5% - 2,5%), dan fosfor (0,1%).

Aspergillus niger termasuk salah satu jenis kapang. Berbeda dengan bakteri dan khamir, kapang adalah multiseluler, terdiri dari banyak sel yang bergabung menjadi satu. Melalui mikroskop dapat dilihat bahwa kapang terdiri dari benang yang disebut hifa. Kumpulan dari hifa disebut miselium. Kapang tumbuh dengan cara memperpanjang hifa pada ujungnya. Kapang dapat berwarna hitam, putih atau lainnya. Secara biokimia kapang bersifat aktif karena merupakan organisme saprofit. Organisme ini dapat menguraikan bahan-bahan organik kompleks menjadi bahan yang lebih sederhana.

2. Lime (Ca(OH)₂)

Berwujud bubuk serbuk putih yang larut dalam air, gliserida dan asam, tetapi tidak larut dalam alkohol serta menyerap CO₂ dari udara.

Kegunaan dari lime ini untuk menetralkan cairan asam sitrat menjadi kalsium sitrat agar dapat dipisahkan dari hasil samping yang terbentuk yaitu kalsium oksalat. Sifat fisika dan kimia dari lime adalah sebagai berikut :

- Nama kimia : Kalsium hidroksida
- Bau : Tidak berbau
- Warna : Putih
- pH (1 % soln/water) : 14
- BM : 74,1 g/mol
- S.g : 2,24 (air = 1)
- Kelarutan (H₂O) : 0,07 - 0,18 %
- Titik lebur : 580°C (1076°F)

❖ Potensi bahaya

- Kontak dengan mata dapat mengakibatkan kerusakan kornea atau kebutaan. Radang mata ditandai dengan kemerahan, berair dan gatal-gatal.
- Kontak kulit dapat menghasilkan peradangan dan rasa panas.
- Terhirup serbuknya akan menyebabkan iritasi gastrointestinal atau saluran pernafasan, yang ditandai dengan rasa terbakar, bersin dan batuk. Apabila terhirup dalam jumlah yang banyak maka dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, tersedak, pingsan atau kematian.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Apabila menggunakan lensa kontak, segera lepaskan lensa kontak anda, kemudian basuh mata dengan air mengalir selama minimal 15 menit. Akan lebih baik apabila dibasuh menggunakan air hangat, jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis .
- Kulit : Cuci dengan air mengalir, oleskan *emollient* pada daerah yang mengalami iritasi. Lepaskan pakaian dan sepatu yang

terkontaminasi, serta cuci bersih sebelum digunakan kembali. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.

- Tertelan : Jangan dimuntahkan kecuali disuruh oleh tenaga medis. Dilarang memberikan apapun melalui mulut kepada korban. Hubungi pihak medis segera
 - Terhirup : Pindahkan korban ke udara segar. Jika korban tidak bernapas, berikan pemapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen segera hubungi dokter.
- ❖ Penyimpanan : Simpan dalam wadah tertutup rapat dan tempatkan di tempat yang sejuk serta berventilasi baik. Jangan simpan di atas 25°C (77°F). Untuk prosedur teknis, harus terdapat ventilasi, atau kendali teknik lain untuk menjaga paparan kontaminan udara tetap di bawah batas yang diperbolehkan. Jika operasi pengguna menghasilkan debu, asap atau kabut, juga harus gunakan ventilasi serta perlindungan pribadi seperti kaca mata splash dan apron sintetis, respirator, sarung tangan dan sepatu tertutup.

3. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Asam sulfat digunakan untuk mengatur pH pada tangki pencampuran dan sterilisasi serta mengubah endapan kalsium sitrat menjadi asam sitrat pada tangki acidulator. Sifat-sifat fisik dan kimia asam sulfat adalah :

- Bentuk : Cairan
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Tidak berbau
- pH (pada 25°C) : 0,3
- BM : 98 g/mol
- Densitas : 1,84 g/cm³ (98%), 1,40 g/cm³ (50%)
- Viskositas (20°C) : 26,9 cp
- Titik didih : 310 °C

- Titik lebur : -15°C
- Kelarutan : Larut dalam air, melepaskan panas
- Penguraian termal : 338°C
- Tekanan uap (20°C) : $0,000001\text{ Pa}$

4. NH_4NO_3

- Nama kimia : Ammonium nitrat
- Wujud : Padatan
- Bau : Tidak berbau
- BM : $80,05\text{ g/mol}$
- pH (1% soln/air) : $4,5 - 6,0 @25^{\circ}$
- Titik didih : 210°C (410°F)
- Titik beku : $169,6^{\circ}\text{C}$ ($337,3^{\circ}\text{F}$)
- Specific Gravity : $1,725(25^{\circ}\text{C})$

❖ Potensi bahaya

- Kontak kulit dan mata dapat menghasilkan peradangan dan rasa panas.
- Terhirup serbuknya akan menyebabkan iritasi gastrointestinal atau saluran pernafasan, yang ditandai dengan rasa terbakar , bersin dan batuk.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Apabila menggunakan lensa kontak, segera lepaskan lensa kontak anda, kemudian basuh mata dengan air mengalir. Jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis.
- Kulit : Cuci dengan air mengalir. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.
- Terhirup : Pindahkan korban ke udara segar. Jika korban tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen segera hubungi dokter.

- ❖ Penyimpanan : simpan dalam wadah tertutup rapat dan tempatkan di tempat yang sejuk serta berventilasi baik. Jauhkan dari sumber api dan alkali.

5. $K_4Fe(CN)_6$

- Nama kimia : Potassium ferricyanide
- Wujud : Padatan kristal
- Bau : Tidak berbau
- BM : 329,26 g/mol
- Titik didih : 60 – 100°C (140 - 212°F)
- Spesifik gravity ($H_2O=1$): 1,85

❖ Potensi bahaya

- Kulit : Dapat menyebabkan iritasi kulit. Mungkin berbahaya jika diserap melalui kulit.
- Tertelan : Dapat menyebabkan iritasi gastrointestinal dengan mual, muntah dan diare.
- Terhirup : Dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan Dapat menyebabkan anoksia, ditandai dengan kelemahan, sakit kepala, pusing, kebingungan, sianosis (warna kebiruan pada kulit akibat oksigenasi kekurangan darah), lemah dan tidak teratur denyut jantung, kolaps, tidak sadar, kejang, koma dan kematian.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit, kadang-kadang mengangkat kelopak mata atas dan bawah. Jika iritasi develops, dapatkan bantuan medis.
- Tertelan : Jangan menyebabkan muntah. Dapatkan bantuan medis jika iritasi atau gejala-gejala muncul.

- Terhirup : Hapus dari paparan dan pindah ke udara segar segera. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernafas, berikan oksigen. Dapatkan bantuan medis jika batuk atau gejala lain muncul.
- ❖ Penyimpanan : Simpan ditempat yang sejuk dan kering. Simpan dalam wadah tertutup rapat.

6. MgSO₄

- Nama kimia : Magnesium sulfat
- Wujud : Serbuk putih
- Bau : Tidak berbau
- BM : 120,36 g/mol
- Densitas : 2,65g/ml (4°C)

❖ Potensi bahaya

- Kontak kulit dan mata dapat menghasilkan peradangan ringan.
- Terhirup serbuknya akan menyebabkan iritasi gastro- intestinal atau saluran pernafasan.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Basuh mata dengan air mengalir. Jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis.
- Kulit : Cuci dengan air mengalir. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.
- Terhirup : Pindahkan korban ke udara

- ❖ Penyimpanan : Simpan dalam wadah tertutup rapat dan tempatkan di tempat yang sejuk serta berventilasi baik

7. P₂O₅

- Nama Kimia : Phosphorus Pentaoksida
- Wujud : Padatan
- BM : 141,94 g/mol
- Specific Gravity : 2,39 (air =1)

❖ Potensi bahaya

- Mata : Menyebabkan luka bakar mata. Dapat Mata menyebabkan cedera mata ireversibel.
- Kulit : Menyebabkan gangguan pada kulit dan luka bakar.
- Tertelan : Menyebabkan luka bakar saluran pencernaan.
- Kronis : Gejala awal keracunan fosfor kronis termasuk gangguan pencernaan dan mungkin bau bawang putih seperti untuk nafas. Paparan kronis dapat menyebabkan nekrosis rahang, atau phossy rahang.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit, kadang-kadang mengangkat kelopak mata atas dan bawah. Dapatkan bantuan medis dengan segera. Jangan biarkan korban untuk menggosok atau menjaga mata tertutup Irigasi yang luas dengan air yang dibutuhkan (minimal 30 menit).
- Kulit : Dapatkan bantuan medis dengan segera Segera siram kulit dengan banyak sabun dan air selama minimal 15 menit sambil melepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi. Cuci pakaian sebelum digunakan kembali.
- Tertelan : Jangan memancing muntah. Jika korban sadar dan waspada, berikan 2-4 cupfuls susu atau air. Jangan pernah memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar. Dapatkan bantuan medis dengan segera.

- ❖ Penyimpanan : Simpan di tempat sejuk, kering, berventilasi baik jauh dari bahan yang tidak kompatibel. Jauhkan dari air. Jauhkan dari logam. Daerah korosif. Simpan wadah tertutup rapat. Jauhkan dari basa kuat.

8. C₂H₅OH

- Nama kimia : Ethanol
- Wujud : Tidak berwarna
- BM : 46,08 g/mol
- Specific Gravity (H₂O=1) : 0,79
- Titik didih : 77°C
- Titik lebur : -144 °C

❖ Poterisi bahaya

- Mata : Menyebabkan gangguan mata berat Dapat menyebabkan sensitisasi menyakitkan untuk cahaya. Dapat menyebabkan konjungtivitis kimia dan kerusakan kornea.
- Kulit : Menyebabkan iritasi pada kulit Dapat menyebabkan iritasi gastrointestinal Dapat menyebabkan. Tertelan dengan mual, muntah dan diare depresi sistem saraf pusat, yang ditandai dengan kegembiraan, diikuti oleh sakit kepala, pusing, mengantuk dan mual
- Terhirup : Jika terhirup cukup banyak dapat menyebabkan efek sistem saraf pusat ditandai dengan mual sakit kepala, pusing, tidak sadar dan koma. Menyebabkan iritasi saluran pernafasan.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit, kadang-kadang mengangkat kelopak mata atas dan bawah..
- Kulit : Siram kulit dengan banyak air sekurang-kurangnya 15 menit saat mengeluarkan pakaian yang terkontaminasi

- Tertelan : Jangan memancing muntah. Jika korban sadar dan waspada, berikan 2-4 cupfuls susu atau air. Jangan pernah memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar. Dapatkan bantuan medis.
- Terhirup : Berikan pernapasan buatan jika sulit bernapas, berikan oksigen.
- Penyimpanan : Jauhkan dari panas dan percikan api. Simpan dalam wadah tertutup rapat.

9. NH₃

- Nama kimia : Ammonia
- Wujud : Tidak berwarna
- BM : 17 g/mol
- Specific Gravity (H₂O=1) : 0,59
- Titik didih : -28,1 °F (-33,4°C)
- Titik lebur : -107,9°F (-77,7 °C)

❖ Potensi bahaya

- Mata : Konsentrasi ringan dari produk akan menyebabkan konjungtivitis Kontak dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari produk akan menyebabkan pembengkakan mata dengan kemungkinan kehilangan penglihatan.
- Kulit: Kontak dengan konsentrasi yang tinggi produk akan menyebabkan kaustik seperti luka bakar kulit dan peradangan
- Terhirup : Tergantung pada konsentrasi dihirup , dapat menyebabkan sensasi terbakar, batuk, sesak napas, sakit kepala, mual

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Siram mata dengan air mengalir.
- Terhirup : Jika pernapasan sulit berikan oksigen. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan.

- Kulit : Siram daerah yang terkena dengan air mengalir. Jika cairan terjadi kontak dengan kulit, lepaskan pakaian yang terkontaminasi dan siram dengan banyak air hangat selama beberapa menit.
- ❖ Penyimpanan : Menyimpan amonia di tempat yang sejuk berventilasi baik, jauh dari sumber panas atau pengapian dan, bahan makanan. Simpan jauh dari agen pengoksidasi, halida boron, asam, anhidrida asam, asam klorida, halogen,

10. $C_2H_2O_4$

- Nama kimia : Asam oksalat
- Wujud : Kristal putih
- BM : 90,03 g/mol
- Kelarutan dalam air : 90 g/dm³ (pada 20°C)
- Titik leleh : 104°C
- Specific Gravity (H₂O=1): 1,9
- ❖ Potensi bahaya
 - Mata : Dapat menyebabkan iritasi mata parah. Dapat menyebabkan cedera kornea.
 - Kulit : Menyebabkan gangguan pada kulit Berbahaya jika diserup melalui kulit. Rare luka bakar kimia dapat terjadi dari asam oksalat dan dapat menyebabkan hipokalsemia. Gangren terjadi di tangan orang yang bekerja dengan oksalat tanpa sarung tangan karet. Lesi kulit yang ditandai dengan retak pada kulit dan terjadinya luka lambat.
 - Terhirup : Tergantung pada konsentrasi dihirup, dapat menyebabkan sensasi terbakar, batuk, sesak napas, sakit.
 - Tertelan : Asam oksalat adalah racun karena sifat asam dan kelatnya. Jadi sangat beracun bila tertelan. Sesedikit 5 gram (71 mg/kg) dapat

berakibat fatal . Ulserasi mulut, muntah darah , dan penampilan cepat dari shock, kejang, berkedut, tetani, dan kolaps kardiovaskular dapat terjadi setelah menelan asam oksalat atau garam larut nya.

- Inhalasi : Inhalasi asam oksalat menghasilkan iritasi pada saluran pernapasan, ulserasi selaput lendir, sakit kepala, gugup, batuk, muntah, kekurusan, nyeri punggung (karena cedera ginjal), dan kelemahan.

❖ **Pertolongan pertama**

- Mata : segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit. Dapatkan bantuan medis dengan segera.
- Kulit : segera siram kulit dengan banyak air selama minimal 15 menit sambil melepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi .
- Tertelan : Jika tertelan, jangan dimuntahkan. Dapatkan bantuan medis dengan segera. Jika korban sadar sepenuhnya, memberikan secangkir air Jangan pernah memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak.
- Inhalasi : Jika terhirup, pindahkan ke udara segar Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan Jika sulit bernapas, berikan oksigen.

- ❖ **Penyimpanan** : Simpan wadah tertutup saat tidak digunakan. Simpan di tempat yang sejuk, kering, berventilasi baik jauh dari bahan yang tidak kompatibel.

11. CaC_2O_4

- Nama kimia : Kalsium oksalat
- Wujud : Serbuk putih
- BM : 128,097 g/mol
- Specific Gravity ($\text{H}_2\text{O}=1$) : 2,2
- Titik leleh : 392°F (200°C)

❖ Potensi bahaya

- Mata : Menyebabkan gangguan mata.
- Kulit : Menyebabkan gangguan pada kulit. Oksalat merupakan iritasi dan dapat menyebabkan dermatitis. dengan retak epitel dan pembentukan ulkus lambat- penyembuhan.
- Tertelan : Berbahaya jika tertelan. Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan. Dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal. Berarti dosis yang mematikan bagi oksalat pada orang dewasa diperkirakan 10 - 30 gram (143- 428 mg/kg).
- Inhalasi : Menyebabkan iritasi saluran pernafasan.
- Kronis : Dapat menyebabkan cedera ginjal.

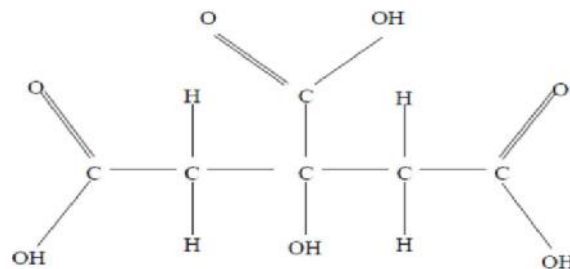
❖ Pertolongan pertama

- Mata : Segera basuh mata dengan banyak air selama menit. Dapatkan bantuan medis dengan segera
- Kulit : Segera siram kulit dengan banyak air selama minimal 15 menit sambil melepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi.
- Tertelan : Jika tertelan. jangan dimuntahkan. Dapatkan bantuan medis dengan segera Jika korban sadar sepenuhnya, memberikan secangkir air. Jangan pernah memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar
- Inhalasi : Jika terhirup, pindahkan ke udara segar. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan Jika sulit bernapas, berikan oksigen.

- ❖ Penyimpanan : Menyimpan amonia di tempat yang sejuk, baik, jauh dari sumber panas atau pengapian dan bahan makanan. Simpan jauh dari agen pengoksidasi, halida boron, asam, anhidrida asam, asam klorida, halogen.

1.4.3. Produk Utama : Asam Sitrat

Asam sitrat termasuk salah satu asam organik dengan nama kimia *2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid*. Rumus kimia Asam Sitrat adalah $C_6H_8O_7$ atau $CH_2(COOH)-COH(COOH)-CH_2(COOH)$, struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Keasaman Asam Sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat.



Gambar 1.2 Struktur Molekul Asam Sitrat

- Nama kimia : Asam sitrat
 - Bau : Tidak berbau
 - BM : 192,13 g/mol
 - Spesifik gravity ($H_2O=1$) : 1,665 (air=1)
 - Boiling point : Terdekomposisi
 - Melting point : 153°C
 - Sifat Kimia :
1. Mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan dalam air.
 2. Keasaman Asam Sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil- $COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan.
 3. Asam Sitrat dapat berupa kristal anhidrat yang bebas air atau berupa kristal monohidrat yang mengandung molekul air untuk setiap molekulnya.

4. Jika dipanaskan di atas suhu 175°C akan terurai (terdekomposisi) dengan melepaskan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).

❖ Potensi bahaya

- Kontak dengan mata dapat mengakibatkan kerusakan kornea, radang mata ditandai dengan kemerahan, berair dan gatal-gatal.
- Kontak kulit yang sensitif menghasilkan peradangan dan rasa panas.
- Terhirup serbuknya akan menyebabkan iritasi gastrointestinal atau saluran pernafasan, yang ditandai dengan rasa terbakar, bersin dan batuk. Apabila terhirup dalam jumlah yang banyak maka dapat atau menyebabkan kerusakan paru-paru, tersedak, pingsan kematian.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Apabila menggunakan lensa kontak, segera lepaskan lensa kontak anda, kemudian basuh mata dengan air mengalir selama minimal 15 menit. Akan lebih baik apabila dibasuh menggunakan air hangat, jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis.
- Kulit : Cuci dengan air mengalir, oleskan emollient pada daerah yang mengalami iritasi. Lepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi, serta cuci bersih sebelum digunakan kembali. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.
- Terhirup : Pindahkan korban ke udara segar. Jika korban tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen. segera hubungi dokter.

- ❖ Penyimpanan : Simpan dalam wadah tertutup rapat dan tempatkan di tempat yang sejuk serta berventilasi baik. Jangan simpan di atas 25°C (77°F). Untuk prosedur teknis, harus terdapat ventilasi pembuangan lokal, atau kendali teknik lain untuk menjaga paparan kontaminan udara tetap di bawah batas yang diperbolehkan. Jika operasi pengguna menghasilkan debu, asap atau kabut, juga harus

gunakan ventilasi serta perlindungan pribadi seperti kacamata splash dan apron sintetis, respirator, sarung tangan dan sepatu tertutup.

❖ Sifat Kimia Asam Sitrat :

- Pada pemanasan 175°C , asam sitrat berubah menjadi aconitic acid. Aconitic acid jika ditambah dengan hydrogen berubah menjadi tricarballylic acid
- Pada pemanasan 175°C , asam sitrat jika dieliminasi dengan oksigen dan menghilangkan karbon dioksida berubah menjadi acetone dicarboxylic acid. Acetone dicarboxylic acid jika diuapkan karbon dioksidanya berubah menjadi acetone.
- Pada pemanasan 175°C , asam sitrat jika dihilangkan karbon dioksida berubah menjadi itaconic acid.
- Larutan asam sitrat bila dicampur dengan asam sulfat atau oksidasi dengan larutan potassium permanganate menghasilkan asam acetonedicarboxylic.
- Asam sitrat terdekomposisi menjadi asam oksalat dan asam asetat jika dibakar dengan potassium hydroxide atau dioksidasi dengan asam nitrit.
- Dalam bentuk larutan, asam sitrat sedikit korosif terhadap karbon steel dan tidak korosif terhadap stainless steel.
- Sebagai asam polybasic, asam sitrat dapat membentuk berbagai macam garam termasuk garam alkali metal dan alkali tanah, selain itu dapat pula membentuk berbagai macam ester, amida dan acyl klorida. (Kirk Othmer, 1978)

1.4.4. Produk Samping

CaSO_4

Bersifat lunak dan tidak berbau, berupa granul atau serbuk putih. Kegunaan dari CaSO_4 ini adalah produk samping dari pabrik asam sitrat yang bisa digunakan sebagai salah satu bahan baku untuk pembuatan semen. Sifat fisika dari CaSO_4 , adalah sebagai berikut :

- Bentuk : Bubuk putih
- Nama kimia : Kalsium sulfat
- Bau : Tidak berbau
- BM : 145 g/mol
- Spesifik gravity ($\text{H}_2\text{O}=1$) : 2,5
- Kelarutan dalam air (H_2O) : 0,67-0,88 gr/100 gr H_2O
- Boiling point : 1193°C
- Melting point : 1450°C

(Ulmann's, 1973)

❖ Potensi bahaya

- Dapat menyebabkan iritasi apabila terjadi kontak dengan mata dan kulit.
- Apabila tertelan atau terhirup dapat menyebabkan sesak napas karena dapat bersifat racun bagi paru-paru dan saluran pernapasan bagian atas, serta juga dapat menyebabkan kerusakan pada organ tubuh lainnya.

❖ Pertolongan pertama

- Mata : Apabila menggunakan lensa kontak, segera lepaskan lensa kontak anda, kemudian basuh mata dengan air mengalir selama minimal 15 menit. Akan lebih baik apabila dibasuh menggunakan air hangat, jika terjadi iritasi lebih lanjut segera cari bantuan medis.
- Kulit : Cuci dengan air mengalir, oleskan emollient pada daerah yang mengalami iritasi. Lepaskan pakaian dan sepatu yang

terkontaminasi, serta cuci bersih sebelum digunakan kembali. Hubungi pihak medis jika terjadi iritasi lebih lanjut.

- Tertelan : Jangan dimuntahkan kecuali disuruh oleh tenaga medis. Dilarang memberikan apapun melalui mulut kepada korban. Jika tertelan dalam jumlah banyak, hubungi pihak medis segera.
- Terhirup : Pindahkan korban ke udara segar. Jika korban tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen. segera hubungi dokter.
- ❖ Penyimpanan : Simpun di wadah tertutup rapat dan tempatkan wadah di tempat yang sejuk, berventilasi baik.

1.5 Kegunaan Produk Asam Sitrat

Pemanfaatan asam sitrat di industri sangatlah luas, dengan presentase sebagai berikut : industri makanan dan minuman sekitar 70%, industri farmasi 12%, dan sisanya 18% digunakan pada berbagai industri. Besarnya pemanfaatan asam sitrat pada industri makanan dan minuman karena sifat asam sitrat menguntungkan dalam pencampuran, yaitu kelarutan relatif tinggi, tak beracun dan menghasilkan rasa asam yang disukai. Kegunaan lain, yaitu sebagai pengawet, pencegah kerusakan warna dan aroma, menjaga turbiditas, penghambat oksidasi, penghasil warna gelap pada kembang gula, selai dan jelly, serta pengatur pH (Sumo dkk., 1993).

Penggunaan utama Asam Sitrat saat ini adalah sebagai zat pemberi cita rasa dan pengawet makanan dan minuman, terutama minuman ringan. Kode Asam Sitrat sebagai zat aditif makanan (*E number*) adalah E330. Sifat sitrat sebagai larutan penyangga digunakan sebagai pengendali pH dalam larutan pembersih dalam rumah tangga. Kemampuan Asam Sitrat untuk mengikat ion-ion logam menjadikannya berguna sebagai bahan sabun dan deterjen. Dengan mengikat ion-ion logam pada air sadah, Asam Sitrat akan memungkinkan sabun dan deterjen membentuk busa dan berfungsi dengan baik tanpa penambahan zat penghilang kesadahan. Asam sitrat juga untuk memulihkan bahan penukar ion yang digunakan pada alat penghitang kesadahan dengan menghilangkan ion-ion logam

yang terakumulasi pada bahan penukar ion tersebut sebagai kompleks sitrat. Asam Sitrat dapat pula ditambahkan pada es krim untuk mencegah terpisahnya gelembung-gelembung lemak, dan dalam resep makanan Asam Sitrat dapat digunakan sebagai pengganti sari jeruk. Asam Sitrat dikategorikan aman digunakan pada makanan oleh semua badan pengawasan makanan nasional dan internasional utama.

Industri makanan dan farmasi menggunakan asam sitrat dikarenakan alasan keamanan secara umum, dapat memberikan rasa asam yang memuaskan, kelarutannya yang tinggi didalam air dan sebagai *buffering* dan *chelating agent*. Untuk industri kosmetik dan wewangian digunakan sebagai *buffering agent*. Serta secara luas digunakan sebagai *buffering* dan *chelating agent* di berbagai macam industri. Berikut ini adalah penggunaan asam sitrat dalam industri-industri tersebut. (*Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology" ,3rd ed, vol.6, 1979, p.163*)

Industri Makanan

1. Minuman

Asam sitrat digunakan secara ekstensif dalam industri minuman untuk memberikan rasa asam dan sebagai komplemen rasa berry pada minuman. Pada minuman yang tidak berkarbonisasi asam sitrat dapat memberikan pH yang beragam pada minuman, selain itu asam sitrat pada minuman jus buah merupakan komponen alami yang tercampur secara baik dengan aroma dari minuman tersebut. Untuk minuman berkarbonisasi asam sitrat digunakan sebagai *acidulant* atau penguat rasa.

2. Jeli dan selai

Asam sitrat digunakan sebagai pemberi rasa asam pada jeli dan selai serta digunakan untuk menyesuaikan pH, asam sitrat yang digunakan 50% dari larutan.

3. Kembang Gula

Asam sitrat digunakan untuk memberikan rasa asam dan meminimalkan inversi sukrosa pada produk kembang gula, yang digunakan dalam perasa

mengandung 0,5-1,0% asam tetapi sebagai pengasaman mungkin berisisebanyak 2% asam sitrat.

4. Makanan Beku

Asam sitrat digunakan sebagai *chelating agent* dan pengatur pH sehingga memungkinkan pengoptimalan kestabilan dari makanan beku dengan meniadakan aktivitas antioksidan dan menon-aktifkan enzim. Produk makanan laut umumnya dicelup dalam larutan asam sitrat 0,25% dan 0,25% asam erythorbic tepat sebelum pembekuan.

(Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed, vol.6, 1979, p.163)

Industri Farmasi, Kosmetik dan Pewangi

1. Farmasi

Asam sitrat digunakan sebagai bahan dasar tablet *effervescence*, dimana asam sitrat bila bereaksi dengan zat yang mengandung bikarbonat atau karbonat dalam air akan membentuk gas karbondioksida dan garam dari asam tersebut. Selain itu asam sitrat digunakan sebagai *butfering agent* dan pemberi rasa aum pada obat-obatan

2. Kosmetik dan Pewangi

Dalam industri ini asam sitrat digunakan sebagai pengatur pH dan metallie-ton chelator.

(Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed, vol.6, 1979, p.164)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Asam Sitrat* dari Tahun 2013-2018. (Online). <http://www.bps.go.id/>. (Diakses pada Tanggal 25 Januari 2020).
- Bank Indonesia. 2020. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). <https://www.bi.go.id/id/moneter/suku-bunga-penjaminan/Contents/Default.aspx>. (Diakses pada Tanggal 23 Juni 2019).
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Crueger W. dan A. Crueger, 1984. *Biotechnology : A Textbook of Industrial Microbiology*. Sinauer Ass. Inc, Sunderland-Sci. And Tech. Inc. Madison
- Dellweg, 1983, (ed). "Biotechnology", Vol 3, Chemie, Weinheim.
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. United States of America: Prentice-Hall International.
- Gerhartz W., et.al., 1987. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Jerman: VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.
- Hossain M., Brooks, J. D., dan Maddox I.S. 1984. Galactose inhibition of citric acid production from glucose by *Aspergillus niger*.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kirk-Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 2 Edisi 4*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kirk-Othmer. 1979. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 23 Edisi 3*. New York: John Wiley and Sons.
- Kubicek, C. P. dan Rohr. M. 1986. Citric Acid Fermentation. *CRC Critical Reviews of Biotechnology*, 3, 331-373.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.

- Matches Engineering. 2020. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 06 Februari 2020).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook 12th Edition*. Oklahoma: University of Tulsa.
- Olbrich, Hubert. 1963. *The Molasses*. Berlin ; Fermentation Technologist, Institut fur Zuckerindustrie.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edisi 4*. Singapore: McGraw Hill.
- Paazouki, M., Felse P.A., Sinha J., dan T. Panda. 2000. Comparative studies on citric acid production by *Aspergillus niger* and *Candida lipolytica* using molasses and glucose. India.
- Singh R.P., Mujeeb-Kazi A., dan Huerta-Espino J. 1998. Lr46: a gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat. *Phytopathology*.
- Smith, JM, dkk. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (4th Edition)*. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Sumo, Sumantri, Subono. 1993. *Prinsip Bioteknologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Timmerhaus, Klaus D., etc. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th*. New York : McGraw-Hill Companies.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Ulrich, G. G. 1984 *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York : John Willey and Sons.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education