

37063/09



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSK
661.2
Wid
P-1
2009

TUGAS AKHIR - RK 0502

PABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES FERMENTASI

RAYI KURNIA W
NRP 2306 030 004

YULI CAHYANI
NRP 2306 030 064

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

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

PERPUSKIAN	
tel e ma	10-8-2009
erima Dari	H
o. Induk	487

FINAL PROJECT - RK 0502

LACTIC ACID PLANT FROM CORN COBS WITH FERMENTATION PROCESS

RAYI KURNIA W
NRP 2306 030 004

YULI CAHYANI
NRP 2306 030 064

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

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

**PABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGKOL JAGUNG
DENGAN PROSES FERMENTASI**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Rayi Kurnia W (2306 030 004)
Yuli Cahyani (2306 030 064)

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 131 652 045

Surabaya, Juli 2009

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:
PABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGKOL JAGUNG
DENGAN PROSES FERMENTASI**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



**Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 131 652 045**

Mengetahui,

**Kepala Program Studi
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



**Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 131 652 208**

**Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



**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 15 Juli 2009, dengan judul

"PABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES FERMENTASI", yang disusun oleh :

Rayi Kurnia W

(2306 030 004)

Yuli Cahyani

(2306 030 064)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji



Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng
NIP. 131 633 398

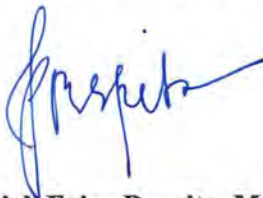
Dosen Penguji



Prof. Dr. Ir. Danawati HP, MSc
NIP. 131 633.396

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



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

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 131 652 045

PABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES FERMENTASI

Nama : Rayi Kurnia (2306 030 004)
: Yuli Cahyani (2306 030 064)
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
Program Studi : D III Teknik Kimia FTI-ITS

Abstrak

Asam laktat adalah cairan pekat (sirup) tak berwarna yang dimanfaatkan dalam industri makanan dan minuman, salah satunya adalah dapat digunakan sebagai bahan aditif pembuatan roti. Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi ini direncanakan berlokasi di Kediri, Jawa Timur pada tahun 2010 dengan kapasitas 3600 kg asam laktat/hari.

Proses pembuatan asam laktat terdiri dari 3 proses, yaitu proses pre-treatment, fermentasi, dan pemurnian. Pada proses pre-treatment, tongkol jagung dihidrolisa menjadi xylose dengan katalis H_2SO_4 4,4% pada suhu $100^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm, dan kemudian xylose dihidrolisa menjadi glukosa dengan katalis enzim selulase pada suhu $50^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Pada proses fermentasi, glukosa difermentasi oleh bakteri *Lactobacillus delbrueckii* menjadi asam laktat pada suhu $45^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Pada proses pemurnian, asam laktat dimurnikan untuk mendapatkan kemurnian asam laktat 50%.

Kapasitas pabrik asam laktat yang mencapai 3600 kg/hari membutuhkan bahan baku tongkol jagung sebesar 9282,801 kg/hari, larutan H_2SO_4 4,4% sebesar $7,623 \times 10^3$ kg/hari, enzim selulase sebesar 265,129 kg/hari, *Lactobacillus delbrueckii* sebesar 5,374 kg/hari. Untuk kebutuhan utilitasnya diperlukan air sanitasi sebesar 84 m^3 /hari, air pendingin sebesar 130,798 m^3 /hari, air umpan boiler 13,987 m^3 /hari, air proses sebesar 3,431 m^3 /hari, dan air make up sebesar 101,910 m^3 /hari.

Kata kunci : Asam laktat, tongkol jagung, fermentasi.

LACTIC ACID PLANT FROM CORN COBS WITH FERMENTATION PROCESS

Name : Rayi Kurnia (2306 030 004)
: Yuli Cahyani (2306 030 064)
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
Department : D III of CHEMICAL ENGINEERING
(FTI – ITS)

Abstract

Lactic acid is careless liquid like syrup and can be use to food and beverage industry, such flavoring and preserving agent. Lactic acid can be produced from corn cobs by fermentation process. This plant is located in Kediri and projected to operate in 2010 at the capacity of 3600 kg/day.

The process of production Lactic Acid consists of three process : pre-treatment, fermentation, and purification process. At the pre-treatment process, corn cob is hydrolised to become xylose by using H_2SO_4 4,4% catalyst at 100^0C and atmosferic condition , and then xylose is hydrolised glukosa by using enzyme cellulace at 50^0C and atmosferic condition. At the fermentation process, glucose is fermented by lactobacillus delbrueckii to produce lactic acid at 45^0C and atmosferic condition. At the purification process, lactic acid is purified in to 50% purify of lactic acid

The capacities of production Lactic acid Plant is 3600 kg/day, so it need about 9282,801 kg/day corn cob; $7,623 \times 10^{-3}$ kg / day H_2SO_4 4,4%; 265,129 kg/day enzyme cellulace; and 5,374 kg/day lactobacillus delbrueckii. This plant need water treatment about $84 m^3$ / day sanitation water; $130,798 m^3$ / day cooling water; $13,987 m^3$ / day boiler feed water; $3,431 m^3$ / day water process; and $101,91 m^3$ / day make up water.

Keyword : Lactic acid, corn cobs, fermentation.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena hanya dengan rahmat dan ridho-Nyalah, kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi"** dengan tepat waktu. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan tahap Diploma III.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini kami telah banyak memperoleh bantuan baik moril maupun materiil, untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T, karena atas rahmat dan ridho-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Kedua orang tua dan keluarga kami tercinta atas segala motivasi terbesar, doa serta harapan yang begitu mulia dan keberadaan beliau yang begitu berarti.
3. Ir. Budi Setiawan., MT, selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia FTI – ITS.
4. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia FTI - ITS.
5. Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA, selaku Dosen Pembimbing Program Studi DIII Teknik Kimia FTI – ITS.
6. Dr. Ir. Danawati Hari P, selaku Dosen Penguji Program Studi DIII Teknik Kimia FTI – ITS.
7. Dr. Ir. Tri Widjaja, M. Eng selaku Dosen Penguji Program Studi DIII Teknik Kimia FTI – ITS.
8. Sahabat-sahabat kami (Ninne, Nanik...) thanks banget buat kerjasama kalian, *"I hope you will both get a good job,, everything is going to be all right,,okayhhh?... I don't have another friend but you...,ha5x, lebaaiiii..., take good care of your self,,thank you for everything ya guys,, good luck ... =)* "
9. Temen-temen dan adek-adek angkatan kami yang berkenan hadir dalam seminar Tugas Akhir dan banyak

membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir,,
Congratulations on passing u'r exams... yach...!!!

10. Orang terdekat kami yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi selama kami mengerjakan Tugas Akhir.. *"u'r everything..."*
11. Rekan – rekan angkatan 2006 serta angkatan – angkatan lain Program Studi DIII Teknik Kimia FTI – ITS yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu, *"makaciehhh bageddd cemuanyahh...."*

Dengan menyadari atas terbatasnya ilmu yang kami miliki, penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Untuk itu kami dengan lapang dan senang hati menerima saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juli 2009

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	II-1
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
BAB VI UTILITAS	VI-1
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	VII-1
BAB VIII INSTRUMENTASI	VIII-1
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA ..	IX-1
BAB X KESIMPULAN	X-1
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR PUSTAKA	xi
LAMPIRAN :	
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1
APPENDIKS C	C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tanaman Jagung	I-10
Gambar 1. 2 Tongkol Jagung	I-10
Gambar 1. 3 Bakteri <i>Lactobacillus delbrueckii</i>	I-19
Gambar 2.1.1 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dengan Proses Sintesis	II-1
Gambar 2.1.2 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dari Molasses dengan Proses Fermentasi.....	II-4
Gambar 2.3.1 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi	II-8

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1	Data Import Asam Laktat tahun 2003-2007	I-6
Tabel I. 2	Hasil Produksi Jagung di Indonesia tahun 2004-2008	I-7
Tabel I. 3	Daerah Penghasil Jagung Terbesar di Indonesia tahun 2004-2008	I-7
Tabel I. 4	Klasifikasi Ilmiah Jagung	I-11
Tabel I. 5	Hasil Pengukuran Bobot Jagung	I-12
Tabel I. 6	Komposisi Organik Tongkol Jagung	I-13
Tabel 2.2.1	Perbandingan antara Proses Fermentasi dengan Proses Sintesis	II-6

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



BAB I **PENDAHULUAN**



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Asam laktat diidentifikasi untuk pertama kalinya oleh *Scheele* pada tahun 1780 dari susu asam. Berdasarkan asal bahan ini dikenal pertama kalinya nama asam laktat ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) diperoleh. Produksi asam laktat dengan cara fermentasi ditemukan oleh *Blondeau* pada tahun 1874.

Secara komersil produksi asam laktat dari bahan whey baru dimulai pada tahun 1881, ketika *CE. Avery* untuk pertama kali mendirikan pabrik asam laktat dan kalsium laktat di Littleton, Massachusetts. Proses pembuatan dari asam laktat dikenal dengan dua cara yaitu dengan cara kimia dan fermentasi. Proses pembuatan secara kimia lebih dulu ditemukan oleh *Reix Blondeau* pada tahun 1947 dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus* dari bahan Whey. Tetapi *Lister* mengidentifikasi bahwa *Streptococcus lactis* merupakan spesies yang mampu memproduksi asam yang berguna sebagai bahan baku susu. Tetapi *Streptococcus lactis* hanya mampu hidup secara relatif pada suhu rendah sekitar 30°C , yaitu pada suhu di mana organisme lain mampu hidup.

Pada waktu yang sama *Delbruck* menemukan bahwa fermentasi dapat terjadi pada suhu yang tinggi. Spesies yang pertama kali ditemukan oleh *Delbruck* yang mampu beradaptasi pada suhu yang tinggi adalah *Lactobacillus delbrueckii* yang kemudian oleh *Leichmann* diberi nama *Bacillus delbrueckii* dan diganti namanya menjadi genus *Lactobacillus* oleh *Beijerinck*. Spesies ini mampu hidup dan melakukan fermentasi pada suhu sekitar $45^\circ\text{--}50^\circ\text{C}$, di mana pada suhu ini hanya sedikit mikroorganisme yang dapat hidup.

Sejalan dengan meluasnya penggunaan asam laktat maka para ilmuwan mencari cara atau pengembangan yang lebih luas untuk memproduksi asam laktat dan dari bahan yang mudah

diperoleh. Pada tahun 1949, ditemukan proses pembuatan asam laktat dari bahan baku molasses (tetes) dengan cara fermentasi. Oleh karena adanya pengembangan ilmu pengetahuan yang begitu pesat, maka diupayakanlah proses pembuatan asam laktat ini menggunakan bahan baku lainnya yang murah dan juga mudah didapat seperti dari corn sugar, kentang, cheese whey, limbah padat nanas dari pengalengan nanas, tongkol jagung dll.

Bahan ini termasuk produk industri bahan organik yang penting, karena memiliki banyak kegunaan. Di dalam dunia industri kulit bahan ini banyak digunakan di dalam berbagai aktivitas pengolahan. Juga dipergunakan di dalam pemberian warna terhadap sutera dan wool. Peranan asam laktat juga semakin penting di dalam dunia industri plastik. Esternya banyak dimanfaatkan sebagai bahan pelarut, *plasticizer*, dan *modifier*. Di dalam industri pangan, asam laktat dan garam-garamnya semakin banyak digunakan di dalam industri permen (*confectionary*), sari buah, *essence*, sirup, *pickles*, minuman lemonade, pengalengan sayur-mayur dan daging, serta untuk pengolahan ikan.

Asam laktat adalah cairan pekat (sirup) tak berwarna, tak berbau, larut di dalam air dalam berbagai perbandingan, alkohol, dan eter, tetapi tidak larut di dalam kloroform. Senyawa ini termasuk asam lemah dengan daya penguapan yang rendah. Asam ini sangat korosif, kecuali pada tahap fermentasi, semua alat-alat yang dipergunakan di dalam proses pembuatannya harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap korosi, misalnya *stainless steel* dengan kandungan molibdat yang tinggi, keramik, porselen, atau dilapisi dengan *fibre glass*.

(Gumbira, 1987)

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil

minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya).

Berdasarkan bukti genetik, antropologi, dan arkeologi diketahui bahwa daerah asal jagung adalah Amerika Tengah (Meksiko bagian selatan). Budidaya jagung telah dilakukan di daerah ini 10.000 tahun yang lalu, lalu teknologi ini dibawa ke Amerika Selatan (Ekuador) sekitar 7000 tahun yang lalu, dan mencapai daerah pegunungan di selatan Peru pada 4000 tahun yang lalu. Kajian filogenetik menunjukkan bahwa jagung (*Zea mays* ssp. *mays*) merupakan keturunan langsung dari teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*).

(<http://id.wikipedia.org/wiki/Jagung>)

Tanaman jagung tumbuh optimal pada tanah yang gembur, drainase baik, dengan kelembaban tanah cukup, dan akan layu bila kelembaban tanah kurang dari 40% kapasitas lapang, atau bila batangnya terendam air. Pada dataran rendah, umur jagung berkisar antara 3-4 bulan, tetapi di dataran tinggi di atas 1000 m dpl berumur 4-5 bulan. Umur panen jagung sangat dipengaruhi oleh suhu, setiap kenaikan tinggi tempat 50 m dari permukaan laut, umur panen jagung akan mundur satu hari.

Jagung merupakan tanaman semusim (annual). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif.

Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian antara 1m sampai 3m, ada varietas yang dapat mencapai tinggi 6m. Tinggi tanaman biasa diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan. Meskipun beberapa varietas dapat menghasilkan anakan (seperti padi), pada umumnya jagung tidak memiliki kemampuan ini.

Di Indonesia, daerah-daerah penghasil utama tanaman jagung adalah Jawa Tengah, Jawa Barat, Jawa Timur, Madura, D.I. Yogyakarta, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Maluku. Khusus di Daerah Jawa Timur dan Madura,



budidaya tanaman jagung dilakukan secara intensif karena kondisi tanah dan iklimnya sangat mendukung untuk pertumbuhannya.

Selama periode 2001-2006, rata-rata luas areal pertanaman jagung di Indonesia sekitar 3,35 juta ha/tahun dengan laju peningkatan 0,95% per tahun. Luas areal pertanaman jagung menduduki urutan kedua setelah padi sawah. Jika dibandingkan dengan komoditas lain, luas pertanaman jagung hanya 0,32 kali dari luas pertanaman padi, dan 5,32 kali luas pertanaman kedelai. (<http://www.litbang.deptan.go.id>)

Jagung (*Zea mays*) merupakan famili *Poaceae* dan termasuk sebagai salah satu sumber minyak nabati, potensi jagung di Indonesia cukup besar. Dalam proses pemanenan jagung terdapat limbah antara lain berupa tongkol jagung yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan. Pada tahun 2005, produksi tongkol jagung di Indonesia mencapai \pm 3.757.000 ton/th. (Infokom, 8 Maret 2007). Produksi tongkol jagung dari 1 ton bonggol jagung akan menghasilkan 400 kg biji jagung dan 500 kg tongkol jagung.

Jagung adalah salah satu tanaman dari sektor pertanian yang cukup banyak dikonsumsi oleh berbagai masyarakat di dunia. Tanaman jagung terdiri dari banyak bagian, salah satunya adalah tongkol. Tongkol jagung merupakan limbah padat karena tongkol jagung tidak dapat dikonsumsi. Tongkol jagung mengandung lignoselulosa yang terdiri lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Tongkol jagung dapat digunakan sebagai substrat pada fermentasi enzim selulase dengan bantuan mikroorganisme. Enzim selulase berguna untuk proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa secara enzimatik. Glukosa dapat digunakan untuk fermentasi dan menjadi produk asam laktat.

(<http://www.litbang.deptan.go.id>)

Naiknya biaya produksi seperti pupuk, pestisida, benih dan tenaga kerja yang tidak diimbangi dengan naiknya harga jual hasil panen, mengakibatkan mengendornya semangat petani untuk melaksanakan usaha taninya. Bahkan ada beberapa petani yang melaksanakan usaha taninya sesuai dengan kemampuan

modal yang dimilikinya, yang mengakibatkan produktivitas hasil panennya menurun yang pada akhirnya petani tidak mendapatkan keuntungan bahkan bisa merugi.

Salah satu cara untuk menekan biaya produksi dengan hasil panen yang optimal yaitu dengan memanfaatkan limbah menjadi lebih bermanfaat dan memiliki nilai jual tinggi. Tongkol jagung merupakan salah satu limbah dari tanaman jagung yang selama ini masih minim pemanfaatannya. Untuk menjadikannya lebih bermanfaat dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku pembuatan asam laktat yang banyak kegunaannya dalam dunia industri sebab selama ini limbah tongkol jagung hanya digunakan sebagai bahan makanan ternak saja.

Tongkol jagung dapat digunakan sebagai substrat pada fermentasi enzim selulase dengan bantuan mikroorganisme. Enzim selulase berguna untuk proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa secara enzimatik. Glukosa dapat digunakan untuk fermentasi dan menjadi asam laktat. Tongkol jagung mempunyai kadar selulosa yang tinggi yang dapat diolah menjadi produk-produk yang lebih bernilai ekonomis.

Oleh karena itu, dengan hasil produksi limbah tongkol jagung yang cukup besar, maka dapat dimanfaatkan sebagai salah satu produk industri bahan organik yang penting untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia, sehingga mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik dan tidak mencemari lingkungan. Penggunaan tongkol jagung sebagai bahan baku pembuatan asam laktat merupakan salah satu cara menanggulangnya karena kandungan selulosa yang cukup besar, yakni 40%, latar belakang inilah yang mendasari pemilihan judul **“Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi”**.

Tabel I. 1 Data Import Asam Laktat tahun 2003 – 2007

Tahun	Net weight (kg)
2003	761.005
2004	919.475
2005	1.240.507
2006	1.383.239
2007	1.367.995

(sumber: BPS, 2003-2007)

Direncanakan pabrik didirikan pada tahun 2010, maka dari hasil regresi import lima tahun terakhir didapatkan bahwa jumlah import asam laktat tahun 2010 adalah 1.980.000 kg/tahun.

Dari data impor diatas dapat dihitung perkiraan kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2010 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi} &= \text{Import} + \text{Produksi} - \text{Eksport} \\
 &= 1.980.000 + 0 - 0 \\
 &= 1.980.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= 6000 \text{ kg/hari} \\
 \text{Kapasitas} &= 60 \% \times \text{konsumsi} \\
 &= 60 \% \times 6000 \text{ kg/hari} \\
 &= 3600 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Karena tidak ada pabrik asam laktat yang didirikan di Indonesia maka konsumsi asam laktat di Indonesia sama dengan import asam laktat. Direncanakan pabrik asam laktat didirikan pada tahun 2010 dengan kapasitas produksi 1.980.000 kg/tahun = 6000 kg/hari. Kapasitas produksi diambil hanya 60% dari kapasitas produksi sesungguhnya menjadi 3600 kg/hari. Masa kerja dalam satu tahun dianggap 330 hari kerja.

**Tabel I. 2 Hasil Produksi Jagung di Indonesia
Tahun 2004-2008**

Tahun	Satuan (ton)
2004	11.225.243
2005	12.523.894
2006	11.609.463
2007	13.287.527
2008	14.854.050

(sumber: BPS, 2004-2008)

**Tabel I.3 Daerah Penghasil Jagung Terbesar di Indonesia
2004-2008**

Daerah	Hasil Produksi Jagung per Tahun (ton)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Jawa Timur	4.133.762	4.398.502	4.011.182	4.252.182	4.564.693
Jawa Tengah	1.836.233	2.191.258	1.856.023	2.233.992	2.431.461
Lampung	1.216.974	1.439.000	1.183.982	1.346.821	1.664.366
Sumatera Utara	712.560	735.456	682.024	804.850	1.002.863
Sulawesi selatan	674.716	705.995	696.084	969.955	994.981

(sumber: BPS, 2004-2008)

Pada dasarnya lokasi pabrik yang paling ideal (terbaik) dari suatu pabrik adalah lokasi dimana unit biaya dari proses produksi dan distribusi akan rendah, sedangkan harga dan volume

penjualan produk mampu menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya bagi perusahaan.

Asam laktat merupakan asam organik yang banyak sekali pemanfaatannya, bahkan hampir di setiap industri memanfaatkan asam laktat dalam prosesnya, maka dari itu suplai pasar bisa tersebar secara luas. Pada pabrik kami lokasi yang dipilih adalah Jawa Timur tepatnya di daerah Kediri yang merupakan daerah industri makanan dan minuman yang terbesar di Jawa Timur, dimana lebih dari 50% asam laktat digunakan sebagai pengawet makanan.

Bahan baku merupakan hal yang terpenting dalam penentuan lokasi sebab *raw material* yang digunakan pada akhir proses produksi tidak kehilangan berat/volume. Selain bahan baku, ketersediaan air juga sangat diperlukan pada industri ini untuk proses produksinya sebab utilitas dalam sebuah industri merupakan salah satu bagian penunjang yang memegang peranan penting dalam suatu proses industri. Sebagian besar bahan yang digunakan dalam utilitas adalah air. Kediri merupakan salah satu kota yang dekat dengan sungai sehingga suplai air mudah diperoleh.

1.2 Dasar Teori

Asam laktat didefinisikan sebagai campuran dari asam laktat dan hibrida asam laktat, yang mengandung tidak kurang dari 85 persen dan tidak lebih dari 92 persen asam laktat.

Asam laktat murni tidak berbau, tidak berwarna dan bersifat higroskopis pada suhu kamar. Dalam keadaan tidak murni asam laktat berwarna kekuningan karena mengandung pigmen karoten. Sebagai pengidentifikasian, asam laktat menunjukkan sifat asam pada kertas lakmus dan memberikan reaksi dengan laktat.

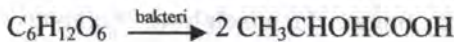
Sifat-sifat asam laktat antara lain:

- Bobot jenis = 1,249
- Bobot molekul = 90,08

- Titik beku = 16,8°C
- Titik didih = 122°C (pada tekanan 14 mmHg)

Sifat-sifat kimianya antara lain adalah larut dalam eter, alkohol, gliserin dan air. Asam laktat tidak larut dalam kloroform, eter disulfida dan karbon disulfida.

Asam laktat luas penggunaannya dalam berbagai industri kimia antara lain penggunaannya dalam industri makanan dan minuman, industri farmasi dan industri kulit. Untuk industri makanan dan minuman diperlukan asam laktat berkadar 50-80%, sedangkan untuk industri farmasi dibutuhkan kadar yang lebih tinggi lagi yaitu sekitar 85-90%. Reaksi kimia dalam pembuatan asam laktat adalah



Jagung adalah salah satu produk pertanian yang banyak dihasilkan di negara Indonesia. Pada tahun 2004 produksi jagung nasional mencapai 11.225.243 ton dan meningkat menjadi 12.5231.894 ton pada tahun 2005 (anonima, 2006). Pemanfaatan jagung saat ini sangat beraneka ragam mulai dari bahan pangan hingga bioenergi. Buah jagung terdiri dari 30% limbah yang berupa tongkol jagung. Jika dikonversikan dengan jumlah produksi jagung pada tahun 2004 maka negara Indonesia berpotensi menghasilkan tongkol jagung sebanyak 3.757.000 ton pada tahun 2005. Jumlah limbah tersebut dapat dikatakan sangat banyak dan akan menjadi sangat potensial jika dapat dimanfaatkan secara tepat.

Pengelolaan adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup (UU. RI No.23/1997). Dengan adanya kegiatan peningkatan produksi pertanian, mengandung resiko pencemaran limbah padat berupa bahan buangan (limbah) tongkol jagung. Minimasi limbah dengan pemanfaatan menjadi suatu produk dapat mengurangi beban pencemaran lingkungan, dan dapat menambah pendapatan

penghasilan petani jagung. Pemanfaatan tongkol jagung masih sangat terbatas. Kebanyakan limbah tongkol jagung hanya digunakan untuk bahan tambahan makanan ternak, atau hanya digunakan sebagai pengganti kayu bakar.

Perkembangan bioteknologi di Indonesia memfokuskan pada eksplorasi plasma nutfa asal Indonesia untuk anti biotik, enzim unggul untuk pertanian dan industri. Limbah pertanian di Indonesia seperti jerami padi, tongkol jagung sangat melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar limbah pertanian hanya dibakar saja, tetapi aktivitas ini malah menyumbangkan cukup besar CO₂ yang dapat memberikan dampak polusi udara disekitarnya.

Sementara kandungan hemiselulosa dan selulosa limbah pertanian cukup tinggi. Hemiselulosa mempunyai beberapa komposisi karbohidrat sehingga diperlukan suatu alat yang mampu memutus ikatan dalam hemiselulosa menjadi monomer-monomernya. Diantaranya beberapa enzim yang digunakan menghidrolisis hasil limbah pertanian untuk pemanfaatan limbah pertanian yaitu enzim selulase, enzim xilanase, enzim mananase, enzim amylase, enzim inulinase dan beberapa enzim hidrolitik lainnya.

(<http://www.wordpress.com>)



Gambar 1. 1 Tanaman Jagung



Gambar 1. 2 Tongkol Jagung

Tabel I. 4 Klasifikasi Ilmiah Jagung

Jagung	
Klasifikasi ilmiah	
Kerajaan:	Plantae
Divisio:	Angiospermae
Kelas:	Monocotyledoneae
Ordo:	Poales
Familia:	Poaceae
Genus:	<i>Zea</i>
Spesies	
<i>Zea mays</i> L.	

Komposisi Kimia Tongkol Jagung Dan Daya Guna Tanaman Jagung

Tanaman jagung sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan hewan. Di Indonesia, jagung merupakan komoditi tanaman pangan kedua terpenting setelah padi. Di Daerah Madura, jagung banyak dimanfaatkan sebagai makanan pokok. Akhir-akhir ini tanaman jagung semakin meningkat penggunaannya. Tanaman jagung banyak sekali gunanya, sebab hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan antara lain:

- Batang dan daun muda: pakan ternak
- Batang dan daun tua (setelah panen): pupuk hijau atau kompos
- Batang dan daun kering: kayu bakar
- Batang jagung: lanjaran (turus)
- Batang jagung: pulp (bahan kertas)
- Buah jagung muda (putren, Jw): sayuran, bergedel, bakwan, sambel goreng

- g. Biji jagung tua: pengganti nasi, marning, brondong, roti jagung, tepung, bihun, bahan campuran kopi bubuk, biskuit, kue kering, pakan ternak, bahan baku industri bir, industri farmasi, dextrin, perekat, industri textil.

Tabel I. 5 Hasil pengukuran bobot jagung

Parameter	Pengukuran (gram)	
	Jagung Manis	Jagung Pioneer
Tongkol	85 (37,12%)	142 (39,55%)
Biji	72 (31,44%)	92 (25,63%)
Kelobot	59 (25,76%)	108 (30,08%)
Tangkai	8 (3,49%)	8 (2,23%)
Rambut	6 (2,62%)	9 (2,51%)
Buah jagung	229 (100%)	359 (100%)

(Sumber: Dalem, 1990)

Ada beberapa macam limbah tanaman jagung dan produk samping industri berbasis jagung. Di Indonesia, dikenal istilah lokal untuk beberapa limbah tanaman dan industri jagung, diantaranya :

- Tebon jagung, yaitu seluruh tanaman termasuk batang, daun, dan buah jagung muda yang dicacah dan diberikan langsung kepada ternak.
- Jerami jagung/brangkasan, yaitu bagian batang dan daun jagung yang dibiarkan kering di ladang dan dipanen pada saat tongkol dipetik.
- Kulit buah jagung, biasanya dibuang. Kulit jagung manis potensial untuk dijadikan silase karena kadar gulanya cukup tinggi.
- Tongkol jagung/janggal, yaitu bagian dari buah jagung setelah biji dipipil.

(<http://www.litbang.deptan.go.id>)

Tabel I. 6 Komposisi organik tongkol jagung

Komponen	Kandungan tongkol jagung (%bk)
Selulosa	45
Hemiselulosa	35
Lignin	15
Komponen lainnya	5

([http:// www. thoriq. wordpress. com](http://www.thoriq.wordpress.com))

HIDROLISIS ENZIM

Teknologi proses produksi asam laktat dalam proses hidrolisis biasanya dilakukan dengan metode konvensional yaitu dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl). Namun metode ini kurang ramah lingkungan karena penggunaan asam dalam proses tersebut disamping biaya bahan kimia tersebut yang relatif mahal asam juga dapat menimbulkan korosif.

Pengembangan teknologi bioproses dengan menggunakan enzim pada proses hidrolisis diyakini sebagai suatu proses yang lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan enzim sebagai zat penghidrolisis tergantung pada substrat yang menjadi prioritas, penelitian telah dilakukan untuk menggantikan asam yaitu menggunakan jamur pelapuk putih untuk perlakuan awal, kemudian dengan menggunakan enzim selulase untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa, kemudian melakukan fermentasi dengan menggunakan *Lactobacillus delbrueckii* untuk mengkonversi menjadi asam laktat.

Material berbasis lignoselulosa (*lignocellulosic material*) memiliki substrat yang cukup kompleks karena didalamnya terkandung lignin, polisakarida, zat ekstraktif, dan senyawa organik lainnya. Bagian terpenting dan yang terbanyak dalam *lignocellulosic material* adalah polisakarida khususnya selulosa yang terbungkus oleh lignin dengan ikatan yang cukup kuat. Dalam kaitan konversi biomassa seperti tongkol jagung menjadi



asam laktat, bagian yang terpenting adalah polisakarida. Karena polisakarida tersebut yang akan dihidrolisis menjadi monosakarida seperti glukosa, sukrosa, xilosa, arabinosa dan lain-lain sebelum dikonversi menjadi asam laktat.

Proses hidrolisis umumnya digunakan pada industri asam laktat adalah menggunakan hidrolisis dengan asam (*acid hydrolysis*) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau dengan menggunakan asam klorida (HCl). Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim yang sering disebut dengan *enzymatic hydrolysis* yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim jenis selulase atau jenis yang lain. Keuntungan dari hidrolisis dengan enzim dapat mengurangi penggunaan asam sehingga dapat mengurangi efek negatif terhadap lingkungan. Kemudian setelah proses hidrolisis, dilakukan fermentasi menggunakan bakteri seperti *Lactobacillus delbrueckii* untuk mengkonversi menjadi asam laktat.

MIKROORGANISME

Strain-*Lactobacilli* mampu menghasilkan asam laktat dari berbagai sumber gula. Strain yang memberikan hasil konsentrasi asam laktat tinggi biasanya juga menunjukkan produktivitas yang tinggi, tetapi beberapa di antaranya tidak menunjukkan hal seperti itu dan *Lb. delbrueckii* tampak sebagai strain yang paling efisien.

Pada laktosa, termasuk whey dan susu, *Str. thermophilus* paling banyak digunakan. Pada hidrolisat, tepung gandum *Lc. lactis* menunjukkan produktivitas paling tinggi, sedang yang memberikan konsentrasi dan hasil asam laktat paling tinggi adalah *Lb. delbrueckii spp.* Umumnya suhu yang digunakan berkisar dari 30° - $47^{\circ}C$ yang merupakan suhu optimum untuk masing-masing jasad.

pH

pH fermentasi akan turun akibat produksi asam. Dalam banyak kasus, titrasi untuk mengonstanskan pH menghasilkan

konsentrasi hasil dan produktivitas yang sama atau lebih baik dibandingkan yang tidak dikontrol pH-nya. Pemisahan asam laktat dengan redialisis dan ekstraksi, termasuk sistem cairan dua-fase memberikan hasil yang baik. pH optimal untuk produksi asam laktat adalah antara 5,0-7,0. pH di bawah 5,7 hanya optimal untuk strain *Lb* yang diketahui toleran terhadap pH lebih rendah daripada *Lactobacocci*.

BAKTERI

Bakteri merupakan mikrobia uniseluler. Pada umumnya bakteri tidak mempunyai khlorofil. Ada beberapa yang fotosintetik dan reproduksi aseksualnya secara pembelahan. Bakteri tersebar luas di alam, di alam tanah, di atmosfer, di dalam endapan-endapan lumpur, di dalam lumpur laut, dalam air, pada sumber air panas, di daerah antartika, dalam tubuh hewan, manusia, dan tanaman. Jumlah bakteri tergantung keadaan sekitar. Misalnya, jumlah bakteri di dalam tanah tergantung jenis dan tingkat kesuburan tanah.

Lactobacillus sp. Bakteri ini cukup populer karena selain dapat digunakan dalam produksi asam laktat juga banyak berperan dalam fermentasi pangan seperti yogurt, sauerkraut dan juga produk probiotik yang saat ini banyak diminati masyarakat.

Karakteristik Bakteri

Bakteri umumnya berukuran kecil dengan karakteristik dimensi sekitar 1µm. Bentuknya dapat bulat atau *cocci*, batang atau *bacilli*. Sel dapat tunggal ataupun rantai. Beberapa kelompok memiliki *flagella* dan dapat bergerak aktif. Bakteri memiliki berat jenis 1,05-1,1 g cm⁻³ dan berat sekitar 10⁻¹² g sebagai partikel kering. Ukuran aktual tergantung dari laju pertumbuhan, media tumbuh dan sebagainya.

1.3 Kegunaan

1. Dalam industri makanan

Sintesa produksi asam laktat menghasilkan asam laktat yang tak berwarna dan kapasitas panas yang dibutuhkan tinggi yang berperan dalam pembuatan emulsi makanan.

Dalam industri makanan asam laktat digunakan sebagai bahan pengawet, sebagai bahan dasar pembuatan asam cuka seperti acar dan asinan, makanan ternak, roti, permen, serta minuman.

2. Dalam industri tekstil

Asam laktat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan wool dan tekstil lainnya. Dalam hal ini asam laktat secara luas dapat mengontrol pH selama proses pelapisan pelarut sehingga dapat membantu pemutihan benang tanpa merusak kekuatan seratnya.

3. Dalam dunia kedokteran

Asam laktat dapat menghasilkan produk farmasi yaitu sebagai bahan dasar pembuatan obat-obatan, seperti obat pembasmi jamur.

4. Asam laktat sebagai bahan dasar plastik

Titik didih asam laktat yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan pembuatan plastik. Campuran ester asam laktat dan sifat asamnya sangat efisien digunakan dalam pembuatan plastik untuk vinyl dan chloride copolynuss. Asam laktat ester juga diaplikasikan sebagai pelarut.

5. Asam laktat dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan aplikasi bahan perekat, pembersih, penggosok, dan tinta.

1.4 Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1 Bahan Baku Utama

- *Sifat Fisika dan Kimia Tongkol Jagung*

Boiling point (°C)	: >93
Kelarutan dalam air	: tidak larut dalam air
Bau	: tidak berbau
Specific Gravity (H ₂ O = 1)	: 1

Komponen	Kandungan tongkol jagung (%bk)
Selulosa	45
Hemiselulosa	35
Lignin	15
Komponen lainnya	5

(<http://www.thoriq.wordpress.com>)

1.4.2 Bahan Baku Pendukung

- *Sifat Fisika dan Kimia H₂SO₄*

Bentuk	: liquid.
Bau	: seperti asam kuat.
Berat Molekul	: 98.08 g/mol
Warna	: tidak berwarna.
pH (1% soln/water)	: bersifat asam
Titik didih	: 270°C (518°F) - 340°C
Titik leleh	: -35°C (-31°F) - 10.36 °C (93% - 100% purity)
Specific Gravity	: 1.84 (Air = 1)
Vapor Density	: 3.4 (Air = 1)
Sifat dispersi	: larut dalam air
Kelarutan	:
- Mudah larut dalam air dingin	
- Larut dalam ethil alcohol	
- Sulfatnya larut dalam air dan menimbulkan panas	



• *Sifat Fisika dan Kimia Ca(OH)₂*

Bentuk	: padat
Bau	: tidak berbau
Rasa	: pahit
Berat Molekul	: 74.1g/mol
Warna	: putih
pH (1% soln/water)	: 14 [Basic.]
Titik leleh	: 580°C (1076°F)
Specific Gravity	: 2.24 (Air = 1)
Kelarutan	: - Sangat larut dalam air dingin dan air panas tetapi tidak larut dalam alcohol - Larut dalam garam ammonium, gliserol, gula atau larutan ammonium klorida, larut dalam asam dengan perubahan panas.
Kelarutan dalam air	: 0.185 g/100 ml pada 0 °C; 0.077 g/100 ml pada 100 °C; 1.73 g/1000 ml pada 20 °C.

• *Sifat Fisika dan Kimia Diamonium Pospat*

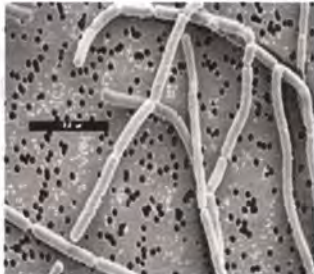
Rumus molekul	: (NH ₄) ₂ HPO ₄
Bentuk	: granular atau kristal putih, hitam keabu-abuan
Bau	: tidak berbau
Titik-Lebur (melting point)	: 155°C.
Bulk density	: 1000kg/m ³ , tergantung pada granulometry
Daya larut (solubility) dalam air	: 575g/l pada suhu 10°C

• *Bakteri Lactobacillus delbrueckii*

- Berukuran 0,5 – 0,8 x 2,0 – 9,0 mm
- Berbentuk batang, tongkat atau cincin
- Gram positif
- Fakultatif anaerob
- Homofermentatif
- Non motil

- Non spora
- Tumbuh pada suhu 45°C – 50°C
- Tumbuh pada pH 5 – 5,8

Organisme yang digunakan dalam produksi asam laktat dengan proses fermentasi antara lain *Lactobacillus delbrueckii*.



Gambar 1.3 Bakteri *Lactobacillus delbrueckii*

- *Sifat Fisika dan Kimia Karbon aktif*
 - Tidak mudah larut dalam air
 - Bersifat non-polar
 - Larut dalam minyak
 - Mudah teroksidasi pada suhu kamar
 - Berat molekul : 12,01

1.4.3 Produk

1.4.3.1 Produk Utama

- *Sifat Fisika Asam Laktat*

Asam laktat merupakan asam organik dengan :

Rumus molekul	: CH ₃ CHOHCOOH
Berat molekul	: 90,08
Bentuk	: cairan pekat
Warna	: tidak berwarna
Bau	: tidak berbau

Titik lebur (melting point) : 17 °C

Daya larut (solubility) : larut dalam air

Sifat – sifat lain dari asam laktat adalah larut dalam eter, alkohol, gliserin dan air. Asam laktat tidak larut dalam kloroform, eter disulfida dan karbon disulfida.

1.4.3.2 Produk Samping

- *Sifat Fisika dan Kimia Kalsium Laktat*

Kalsium laktat merupakan garam organik dengan :

Rumus molekul : $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Berat molekul : 308,3

Bentuk : serbuk putih

Warna : putih

Bau : hampir tidak berbau

Titik lebur (melting point) pada suhu 240 °C

Daya larut (solubility) dalam air 9 g/100ml pada suhu 25°C.

Sifat – sifat lain dari kalsium laktat adalah larut dalam air tapi tidak larut dalam alkohol. Pada 100°C akan kehilangan 3 molekul H₂O dan akan kehilangan semua molekul H₂O-nya pada suhu 125°C.

(<http://www.science lab.com>)

BAB II

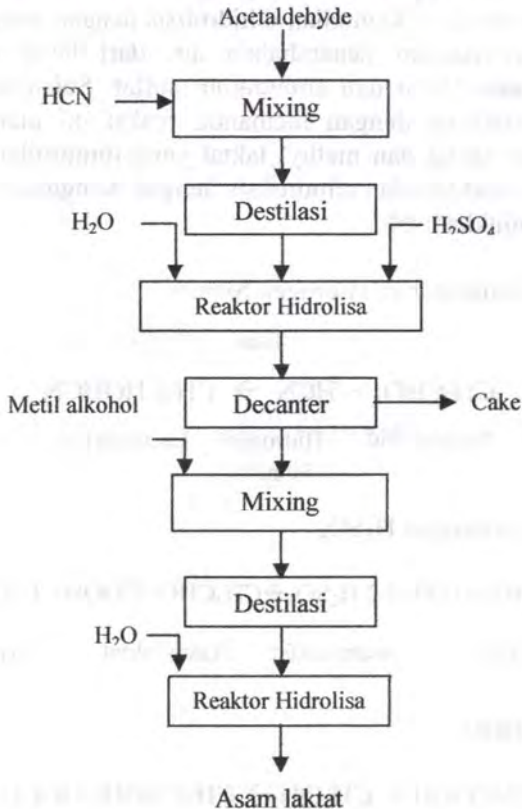
MACAM DAN URAIAN PROSES

BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Pembuatan asam laktat dapat dilakukan dengan 2 macam proses yaitu proses fermentasi dan proses kimia (sintetis).

II.1.1 Pembuatan Asam Laktat secara Sintetis



Gambar 2.1.1 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dengan Proses Sintesis

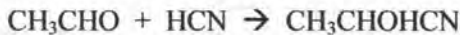


Sintesa Asam laktat dapat dilakukan dengan menggunakan lactronitril, yang mana merupakan by produk dari sintesa acrylonitril. Reaksi sintesa asam laktat didirikan pada tahun 1863 oleh Wislicenus yang membentuk laktonitril dari acetaldehyde dan hydrogen sianida serta menghidrolisisnya untuk menjadi asam laktat.

Hidrogen sianida direaksikan dengan asetaldehid untuk menghasilkan laktonitrile, reaksi ini terjadi pada fase liquid dengan tekanan tinggi. Latonitrile yang telah terbentuk dimurnikan dengan cara destilasi kemudian dihidrolisis dengan menggunakan H_2SO_4 encer dengan penambahan air, dari hasil reaksi ini diperoleh asam laktat dan ammonium sulfat. Selanjutnya asam laktat diesterifikasi dengan methanol, reaksi ini menghasilkan produk asam laktat dan methyl laktat yang dimurnikan kembali dengan cara destilasi dan dihidrolisis dengan menggunakan air. Reaksi ditunjukkan sbb :

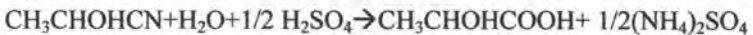
1. Reaksi penambahan Hidrogen Sianida

katalis



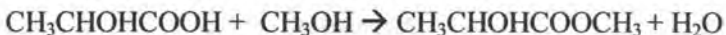
Acetaldehid Hidrogen Lactonitrile
Sianida

2. Hidrolisis dengan H_2SO_4



Lactonitrile Asam sulfat Asam laktat Ammonium
sulfat

3. Esterifikasi



Asam laktat Methyl alkohol Methyl laktat

4. Hidrolisis dengan air

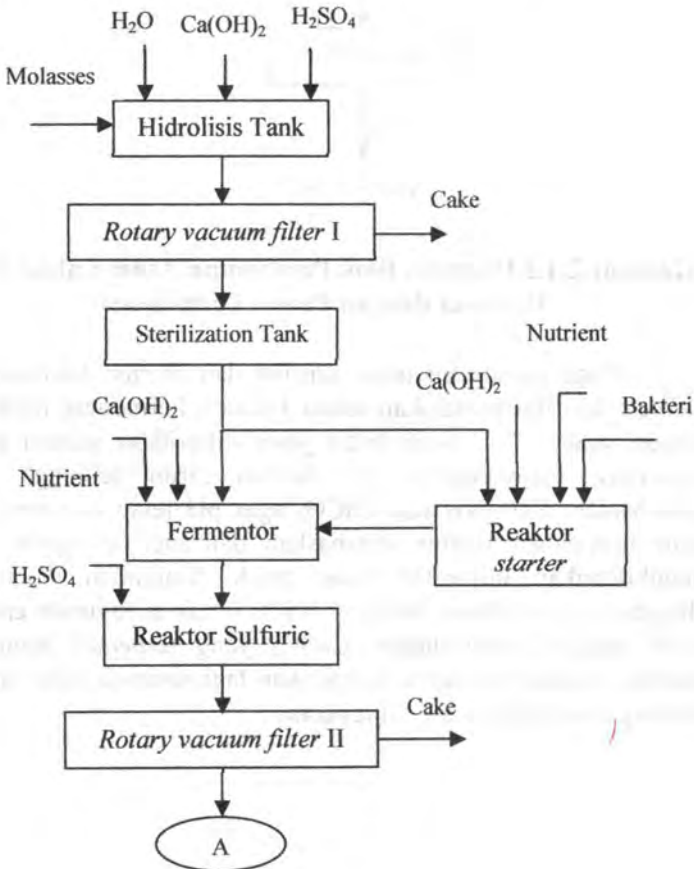


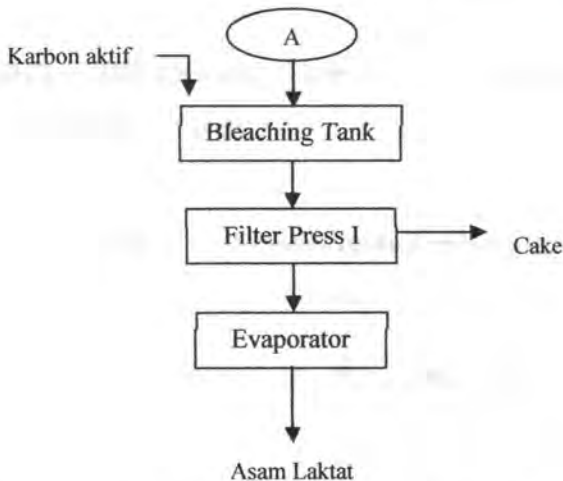
Methyl laktat

Asam laktat

Methyl alkohol

II.1.2 Pembuatan Asam Laktat secara Fermentasi





Gambar 2.1.2 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dari Molasses dengan Proses Fermentasi

Pada proses ini tetes, nutrisi dan *starter Lactobacillus Delbrueckii* difermentasikan selama 4-6 hari. Fermentasi dilakukan dengan suhu 50°C , asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi menyebabkan pH larutan turun sehingga perlu ditambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau CaCO_3 agar pH tetap konstan. Pada akhir fermentasi larutan dipanaskan dan menyaringnya untuk menghilangkan impurities yang tidak diinginkan. Kemudian filtratnya ditambahkan dengan H_2SO_4 untuk mengubah kalsium laktat menjadi asam laktat. CaSO_4 yang terbentuk kemudian disaring, sedang filtratnya dimurnikan lagi sesuai dengan tingkat kualitas asam laktat yang diinginkan.

II.2 Seleksi Proses

Dalam menentukan proses yang akan digunakan, harus diperhatikan beberapa aspek, terutama aspek teknis yang meliputi kondisi proses dan kondisi operasi maupun aspek ekonomi. Dengan membandingkan aspek-aspek tersebut maka dipilih proses yang lebih menguntungkan secara komersial. Dalam pabrik asam laktat ini proses yang dipilih adalah proses fermentasi dengan pertimbangan antara lain :

1. Ketersediaan bahan baku

Jagung adalah salah satu tanaman dari sektor pertanian yang cukup banyak dikonsumsi oleh berbagai masyarakat di dunia. Tanaman jagung terdiri dari banyak bagian, salah satunya adalah tongkol. Tongkol jagung merupakan limbah padat karena tongkol jagung tidak dapat dikonsumsi. Tongkol jagung mengandung lignoselulosa yang terdiri lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Tongkol jagung dapat digunakan sebagai substrat pada fermentasi enzim selulase dengan bantuan mikroorganisme. Enzim selulase berguna untuk proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa secara enzimatik. Glukosa dapat digunakan untuk fermentasi dan menjadi asam laktat.

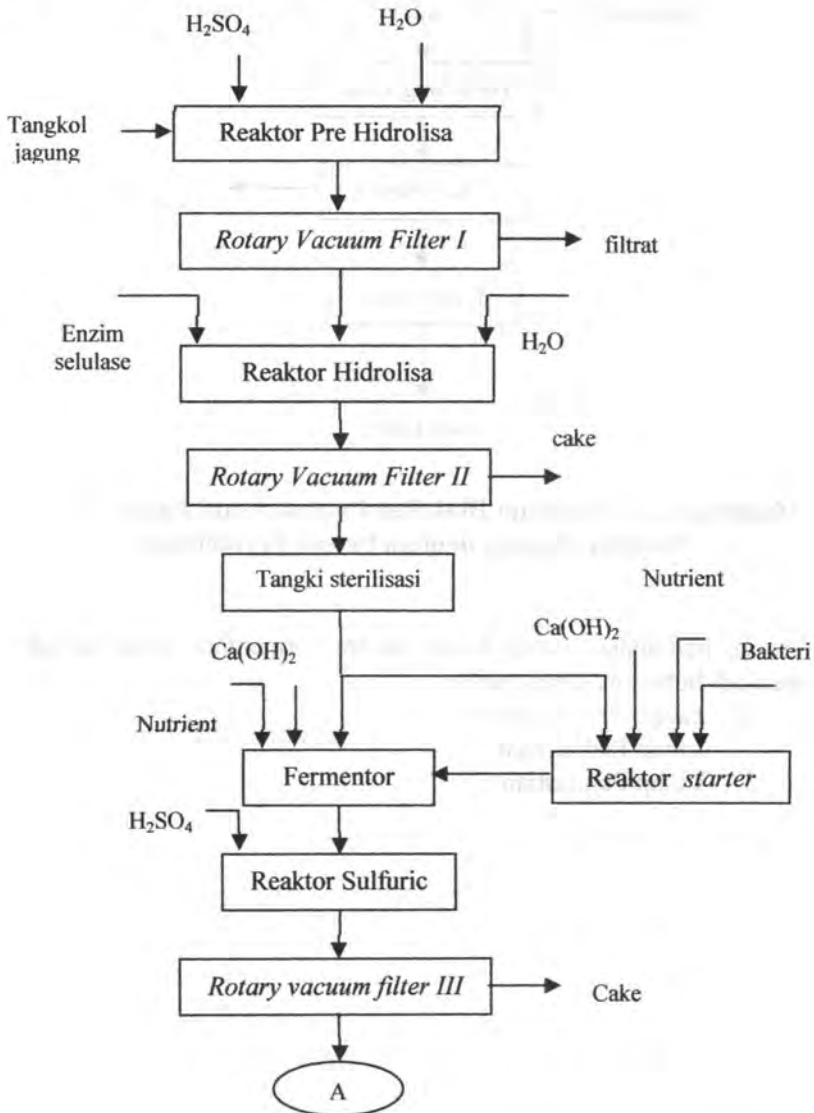
2. Kondisi operasi dan proses

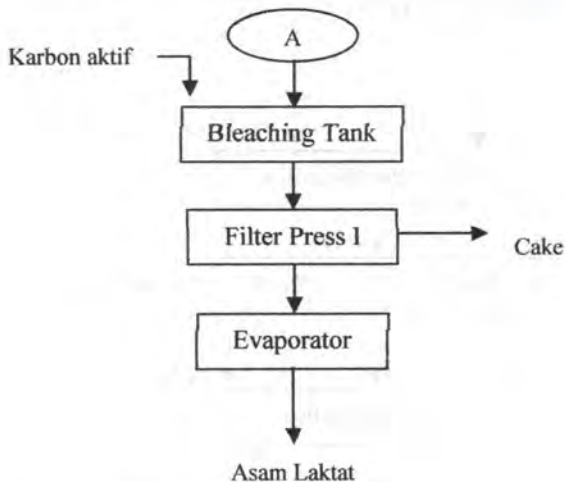
Jika dibandingkan dengan proses sintesis. Maka proses fermentasi lebih menguntungkan dikarenakan proses fermentasi berjalan pada suhu rendah, biaya produksi relatif lebih murah dan proses produksi lebih sederhana.

Tabel II.2.1 Perbandingan antara proses fermentasi dengan proses sintesis

Perbedaan	Fermentasi	Sintesis
Suhu	Rendah	Tinggi
Tekanan	Rendah	Tinggi
Biaya produksi	Relatif murah	Mahal
Proses produksi	Sederhana	Kompleks
Bahan Baku	Dapat diperbaharui	Tidak dapat diperbaharui
Produksi	Murni	Campuran

II.3 Uraian Proses Terpilih





Gambar 2.3.1 Diagram Blok Pembuatan Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Proses pembuatan asam laktat secara fermentasi dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap *Pre treatment*
2. Tahap Fermentasi
3. Tahap Pemurnian

II.3 Uraian Proses

II.3.1 Tahap Pre Treatment

Pembuatan asam laktat dari bahan selulosa memerlukan *pre treatment* (pengolahan awal) sebelum masuk ke proses fermentasi. Perlakuan *pre treatment* pada bahan dimaksudkan untuk menghidrolisa selulosa menjadi gula sederhana. Bahan baku yang mengandung serat terlebih dahulu melalui pre hidrolisis untuk menghidrolisis hemiselulosa menjadi senyawa gula sederhana, pre hidrolisis diperlukan karena hemiselulosa lebih cepat terhidrolisis daripada selulosa.

Bahan baku yang berupa tongkol jagung disimpan pada gudang penyimpanan (F-111) pada suhu 27°C dan kelembaban udara 70%. Syarat bahan baku yang digunakan adalah tongkol jagung yang sudah tua dengan kadar air 1%. Penyimpanan tongkol jagung dalam gudang penyimpanan (F-111) disimpan di dalam karung, yang diletakkan di atas balok-balok kayu. Penyimpanan tongkol jagung ini tidak boleh bersentuhan langsung dengan lantai, hal ini akan memicu timbulnya hama.

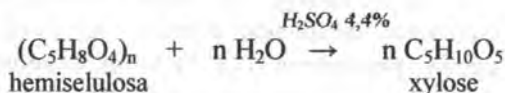
Dari gudang penyimpanan (F-111), tongkol jagung diangkut dengan *belt conveyor* (J-112) menuju *rotary knife cutter* (C-113) untuk memotong tongkol jagung hingga ukuran 80 mesh. Kemudian menuju *hammer mil* (C-114) untuk memperkecil ukuran tongkol jagung hingga 325 mesh. Kemudian diangkut dengan *bucket elevator* (J-115) untuk ditampung sementara dalam *hopper* (F-116), selanjutnya menuju Reaktor Pre Hidrolisa (R-110).

Proses di Reaktor Pre Hidrolisa (R-110) dilakukan dengan maksud untuk menghidrolisa hemiselulosa yang terkandung dalam tongkol jagung menjadi xylose yang berupa cairan sehingga dapat dipisahkan. Di Reaktor Pre Hidrolisa (R-110) dilakukan dengan cara menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) 4,4 % dan penambahan air proses, dengan adanya penambahan asam sulfat (H_2SO_4) 4,4 %, pH akan turun dari pH 7 menjadi pH 6. *Kondisi operasi di Reaktor Pre Hidrolisa (R-110) adalah suhu 100°C dan tekanan 1 atm dengan menggunakan media pemanas*

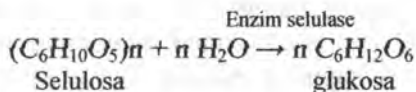
steam. Pada Reaktor Pre Hidrolisa (R-110) terbentuk xylose ($C_5H_{10}O_5$) yang berupa liquid dan padatan yang tidak terhidrolisa yaitu lignoselulosa (campuran selulosa dan lignin). Lignoselulosa dan xylose ($C_5H_{10}O_5$) yang terbentuk dipisahkan dengan menggunakan *Rotary Vacuum Filter* (H-120). *Cake* yang keluar dari RVF (H-120) dipompa (L-132) menuju Reaktor Hidrolisa (R-130).

Proses hidrolisa dilakukan dengan menambahkan enzim selulase dan penambahan air proses. Proses Hidrolisa dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu $50^\circ C$, proses hidrolisa ini berlangsung selama 2 hari. Pada proses tersebut selulosa dalam lignoselulosa akan terhidrolisa menjadi glukosa dan padatan yang tersisa sebagai hasil samping berupa lignin. Lignin dan glukosa dipisahkan dengan *Rotary Vacuum Filter* (H-140). Sebelum menuju tangki sterilisasi glukosa diencerkan terlebih dahulu hingga 20%.

Reaksi dalam reaktor pre hidrolisa:



Reaksi dalam reaktor hidrolisa:



II.3.2 Tahap Fermentasi

Glukosa yang keluar dari *Rotary Vacuum Filter* (H-140) dipompa (L-151) menuju Tangki Sterilisasi (M-150). Proses sterilisasi bertujuan agar di dalam proses tidak terjadi kontaminasi terhadap bakteri lain. Sterilisasi dilakukan pada suhu $120^\circ C$ selama 15 menit. Kemudian didinginkan pada *Cooler* (E-223) hingga suhu $45^\circ C$ dan dipompa (L-222) 10% ke Reaktor *starter* (R-210) dan 90% ke Fermentor (R-220).

Proses dalam Reaktor *Starter* (R-210) berlangsung pada suhu 45°C selama 24 jam. Pada Reaktor *Starter* (R-210) ditambahkan 5% bakteri *Lactobacillus delbrueckii* dan nutrient berupa *maltsprou* dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ untuk memenuhi kebutuhan unsur nitrogen yang merupakan sumber unsur N dan unsur fosfor yang merupakan sumber unsur P untuk keperluan pertumbuhan bakteri.

Tahap ini bertujuan untuk melatih bakteri agar dapat beradaptasi dengan lingkungannya sehingga dapat berkembangbiak dengan baik dan untuk mempersiapkan bibit agar mampu melakukan proses perubahan glukosa menjadi asam laktat.

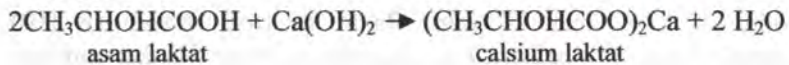
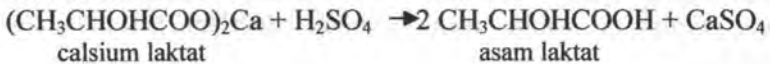
Dalam reaktor ini lebih diharapkan terjadi pembiakan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* dan proses adaptasi sebelum masuk Fermentor. Namun pada kenyataannya terbentuk asam laktat meskipun jumlahnya sedikit, yang menyebabkan pH turun ($\text{pH} < 6$), oleh karena itu perlu penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10% yang berfungsi untuk menstabilkan pH hingga 6, karena kondisi $\text{pH} < 6$ dapat mengganggu pertumbuhan bakteri.

Bakteri yang dipakai pada produksi ini adalah bakteri *Lactobacillus delbrueckii*. Di dalam Reaktor *starter* (R-210) dilengkapi jaket pendingin yang berfungsi untuk menstabilkan suhu di dalam Reaktor *starter* (R-210) selama proses berlangsung. Setelah inokulum dalam Reaktor *Starter* (R-210) selesai, selanjutnya akan dipompa (L-224) ke Fermentor (R-220).

Tahap ini merupakan tahap yang paling menentukan terhadap produksi asam laktat. Proses ini dilakukan dalam kondisi anaerob. Adanya oksigen akan menghambat pembentukan alkohol, tetapi dapat meningkatkan jumlah sel bakteri yang tumbuh. Proses fermentasi ini dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pendingin yang berfungsi untuk menjaga suhu dalam Fermentor (R-220) konstan, yaitu pada suhu optimum 45°C.

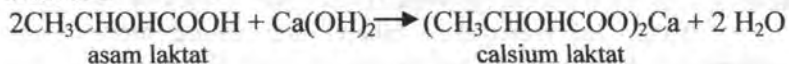
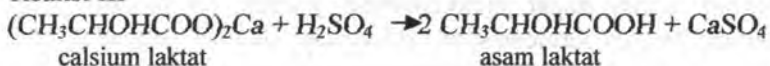
Reaksi yang terjadi dalam Reaktor *starter* adalah sebagai berikut :



Reaksi II**Reaksi III**

Media yang telah siap difermentasi kemudian dimasukkan ke dalam fermentor (R-220), bersamaan dengan *starter Lactobacillus delbrueckii*. Reaksi penetralan juga terjadi dalam Fermentor. Pada reaktor ini juga ditambahkan nutrient $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan Malt Sprout, glukosa terfermentasi menjadi asam laktat dalam kondisi operasi yang sama dengan Reaktor *starter*, yaitu pada suhu 45°C dengan tekanan operasi 1 atm dan berlangsung selama 5 hari. Asam laktat yang terbentuk dapat mengakibatkan pH menjadi turun ($\text{pH} < 6$). Kondisi ini dapat mengganggu pertumbuhan bakteri, sehingga selama proses fermentasi perlu ditambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10% yang berfungsi untuk menstabilkan pH.

Reaksi yang terjadi dalam Fermentor adalah sebagai berikut :

**Reaksi II****Reaksi III****II.3.3 Tahap Pemurnian**

Setelah proses fermentasi berjalan sempurna, semua larutan hasil fermentasi dipompa (L-232) menuju Reaktor

II.3.4 Kondisi Operasi

1. Reaktor *Pre hidrolisa*
Suhu In : 30°C
Suhu Out : 100°C
Tekanan : 1 atm
2. Reaktor hidrolisa
Suhu In : 50°C
Suhu Out : 50°C
Tekanan : 1 atm
3. Tangki sterilisasi
Suhu In : 90°C
Suhu Out : 120°C
Tekanan : 1 atm
4. Reaktor *starter*
Suhu In : 45°C
Suhu Out : 45°C
Tekanan : 1 atm
5. Fermentor
Suhu In : 45°C
Suhu Out : 45°C
Tekanan : 1 atm
6. Reaktor *Sulfuric*
Suhu In : 35°C
Suhu Out : 82°C
Tekanan : 1 atm
7. Tangki *Bleaching*
Suhu In : 70°C
Suhu Out : 85°C
Tekanan : 1 atm
8. Evaporator
Suhu In : 100°C
Suhu Out : 51,497°C
Tekanan : 1 atm

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB III

NERACA MASSA

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

 **ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas : 1188 ton/tahun
 : 3600 kg/hari.
 Waktu operasi : Satu tahun = 330 hari kerja.
 Basis waktu : 1 hari produksi.
 Satuan massa : kg.
 Bahan baku : 9282,801 kg/hari

A-1. Reaktor Pre Hidrolisa (R-110)

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <7>		Aliran <10>	
Selulosa	4177,260	Selulosa	4177,260
Hemiselulosa	3248,980	Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420	Lignin	1392,420
Ash	464,140	Ash	464,140
	9282,801	H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$
		H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$
Aliran <8>		Xylose	3054,041
H ₂ O	366,485		
Aliran <9>			
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$		
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$		
	0,008		
Jumlah	9649,293	Jumlah	9649,293

A-2. Rotary Vacuum Filter (H-120)

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <10>		Aliran <12>	
Selulosa	4177,260	H ₂ O	$7,199 \times 10^{-3}$
Hemiselulosa	561,424	H ₂ SO ₄	$3,420 \times 10^{-4}$
Lignin	1392,420	Xylose	3021,065
Ash	464,140	Air pencuci	1325,644
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$		3021,073
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$		
Xylose	3054,041	Aliran <13>	
	9649,293	Selulosa	4177,260
Aliran <11>		Hemiselulosa	561,424
Air pencuci	1325,644	Lignin	1392,420
		Ash	464,140
		H ₂ O	$7,858 \times 10^{-5}$
		H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$
		Xylose	32,976
			6628,220
Jumlah	10974,937	Jumlah	10974,937

A-3. Reaktor Hidrolisa (R-130)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <15>		Aliran <18>	
Selulosa	4177,260	Selulosa	417,726
Hemiselulosa	561,424	Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420	Lignin	1392,420
Ash	464,140	Ash	464,140
H ₂ O	$7,858 \times 10^{-5}$	H ₂ O	20352,900
H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$	H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$
Xylose	32,976	Xylose	32,976
	6628,220	Glukosa	4177,260
		Enzim selulase	265,129
Aliran <16>			27663,975
H ₂ O (water process)	417,726		
H ₂ O (pengenceran)	20352,900		
	20770,626		
Aliran <17>			
Enzim selulase	265,129		
Jumlah	27663,975	Jumlah	27663,975

A-4. Rotary Vacuum Filter (H-140)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <20>		Aliran <22>	
Selulosa	417,726	H ₂ O	20340,053
Hemiselulosa	561,424	H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁶
Lignin	1392,420	Xylose	32,955
Ash	464,140	Glukosa	4174,624
H ₂ O	20352,900	<i>Air pencuci</i>	623,269
H ₂ SO ₄	3,733x10 ⁻⁶		24547,632
Xylose	32,976		
Glukosa	4177,260	Aliran <23>	
Enzim selulase	265,129	Selulosa	417,726
	27663,975	Hemiselulosa	561,424
		Lignin	1392,420
Aliran <21>		Ash	464,140
Air pencuci	623,269	H ₂ O	12,847
		H ₂ SO ₄	2,356x10 ⁻⁹
		Xylose	0,021
		Glukosa	2,637
		Enzim selulase	265,129
			3116,343
Jumlah	28287,244	Jumlah	28287,244

A-5. Tangki Sterilisasi (M-150)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <22>		Aliran <26>	
H ₂ O	20340,053	H ₂ O	2034,005
H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁶	H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁷
Xylose	32,955	Xylose	3,296
Glukosa	4174,624	Glukosa	417,462
	24547,632		2454,763
		Aliran <27>	
		H ₂ O	18306,048
		H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶
		Xylose	29,660
		Glukosa	3757,161
			22092,869
Jumlah	24547,632	Jumlah	24547,632

A-6. Reaktor *Starter* (R-210)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <26>		Aliran <31>	
H ₂ O	2034,005	H ₂ O	2049,245
H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁷	Xylose	3,296
Xylose	3,296	Asam laktat	2,117
Glukosa	417,462	Calcium laktat	92,286
	2454,763	CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷
Aliran <28>		Biomass	361,914
Maltsprout	10,437		2508,858
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,958		
	17,394		
Aliran <29>			
Ca(OH) ₂	3,133		
H ₂ O	28,194		
	31,326		
Aliran <30>			
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	5,374		
Jumlah	2508,858	Jumlah	2508,858

A-7. Fermentor (R-220)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
aliran <27>		aliran <34>	
H ₂ O	2049,245	H ₂ O	21041,087
Xylose	3,296	Xylose	32,955
Asam laktat	2,117	Asam laktat	97,366
Calsium laktat	92,286	Calsium laktat	4245,147
CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷	CaSO ₄	5,179x10 ⁻⁶
Biomass	361,914	Biomass	751,407
	2508,858		26167,962
aliran <31>			
H ₂ O	18306,048		
H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶		
Xylose	29,660		
Glukosa	3757,161		
	22092,869		
aliran <32>			
Maltsprout	93,929		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	62,619		
	156,548		
aliran <33>			
Ca(OH) ₂	140,969		
H ₂ O	1268,718		
	1409,687		
Jumlah	26167,962	Jumlah	26167,962

A-8. Reaktor *Sulfuric* (R-230)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <35>		Aliran <37>	
H ₂ O	21041,087	H ₂ O	21059,216
Xylose	32,955	H ₂ SO ₄	0,954
Asam laktat	97,366	Xylose	32,955
Calsium laktat	4245,147	Asam laktat	3602,533
CaSO ₄	5,179x10 ⁻⁶	CaSO ₄	2648,349
Biomass	751,407	Biomass	751,407
	26167,962		28095,414
Aliran <36>			
H ₂ SO ₄	96,373		
H ₂ O	1831,080		
	1927,453		
Jumlah	28095,414		28095,414

A-9. Rotary Vacuum Filter (H-240)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (38)		Aliran (40)	
H ₂ O	21059,216	H ₂ O	21044,720
H ₂ SO ₄	0,954	H ₂ SO ₄	0,954
Xylose	32,955	Xylose	32,933
Asam laktat	3602,533	Asam laktat	3600,053
CaSO ₄	2648,349	Air pencuci	683,351
Biomass	751,407		25362,011
	28095,414		
Aliran (39)		Aliran (41)	
Air pencuci	683,351	H ₂ O	14,496
		H ₂ SO ₄	6,568x10 ⁻⁴
		Xylose	0,023
		Asam laktat	2,480
		CaSO ₄	2648,349
		Biomass	751,407
			3416,754
Jumlah	28778,765	Jumlah	28778,765

A-10. Elektrodialisis (L-250)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <40>		Aliran <42>	
H ₂ O	21044,720	H ₂ SO ₄	0,954
H ₂ SO ₄	0,954	Aliran <43>	
Xylose	32,933	H ₂ O	21044,720
Asam laktat	3600,053	Xylose	32,933
		Asam laktat	3600,053
			24677,707
Jumlah	24678,660	Jumlah	24678,660

A-11. Tangki *Bleaching* (M-310)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (43)		Aliran (45)	
H ₂ O	21044,720	H ₂ O	21044,720
Xylose	32,933	Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053	Asam laktat	3600,053
	24677,707	Karbon aktif	36,330
Aliran (44)			
Karbon aktif	36,330		
Jumlah	24714,036	Jumlah	24714,036

A-12. Filter Press (H-320)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <46>		Aliran <47>	
H ₂ O	21044,720	H ₂ O	0,310
Xylose	32,933	Xylose	4,848x10 ⁻⁴
Asam laktat	3600,053	Asam laktat	0,053
Karbon aktif	36,330	Karbon aktif	36,330
			24677,343
		Aliran <48>	
		H ₂ O	21044,411
		Xylose	32,932
		Asam laktat	3600
			36,693
Jumlah	24714,036	Jumlah	24714,036

A.13. Evaporator (V-330 ; V-340; V-350; V-360)

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (50)		Aliran <57>	
H ₂ O	21044,411	H ₂ O	3567,068
Xylose	32,932	Xylose	32,932
Asam laktat	3600	Asam laktat	3600
			7200
		Aliran < 58>	
		Uap H ₂ O	17477,342
Jumlah	24677,343	Jumlah	24677,343

BAB IV

NERACA PANAS

BAB IV NERACA PANAS

1. HEATER (E-117)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1830,043	H produk	27695,269
Qsuplay	27226,747	Qloss	1361,427
Total	29056,79	Total	29056,79

2. PRE HIDROLISA (R-110)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	43766,154	H produk	341132,020
ΔH reaksi	141826,899	Qloss	8186,307
Qsuplay	163725,2744		
Total	349318,327	Total	349318,327

3. TANGKI PENDINGIN (E-133)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Hfeed	341132,020	Hproduk	68226,403
		Q yang di serap	272905,617
Total	341132,02	Total	341132,02

4. HEATER (E-135)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H feed	2085.915	H produk	6257.745
Qsuplay	4171,8304	Qloss	219.570
Total	7580.744	Total	7580.744

5. REAKTOR HIDROLISA (R-130)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	43781,702	H produk	563817,705
ΔH reaksi	2997	Qloss	27212,4406
Qsuplay	544250,7023		
Total	591030,146	Total	591030,146

6. HEATER (E-143)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	563817,705	H produk	1468307,322
Qsuplay	952094,335	Qloss	47604,717
Total	1515912,04	Total	1515912,04

7. TANGKI STERILISASI (M-150)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1397100,535	H produk	1622946,432
Qsuplay	237732,453	Qloss	11886,556
Total	1634832,988	Total	1634832,988

8. COOLER (E-223)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Hfeed	1616539,315	Hproduk	430019,468
		Q yang diserap	1186519,847
Total	1616539,315	Total	1616539,315

9. REAKTOR STARTER (R-210)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	43210,833	H produk	43033,088
ΔH reaksi	1075,004	Q yang diserap	1252,749
Total	44285,837	Total	44285,837

10. FERMENTOR (R-220)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	432478,236	H produk	450522,866
ΔH reaksi	37850,693	Q yang diserap	19806,063
Total	470328,929	Total	470328,929

11. REAKTOR SULFURIC (R-230)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	234525,348	H produk	1342571,742
ΔH reaksi	42101,122	Qloss	56101,929
Qsuplay	1122047,2		
Total	1398673,67	Total	1398673,67

12. HEATER (E-242)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1342571,742	H produk	1531002,864
Qsuplay	198348,634	Qloss	9917,512
Total	1540920,376	Total	1540920,376

13. COOLER (E-117)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Hfeed	1531002,864	Hproduk	1059925,060
		Q yang diserap	471077,804
Total	1531002,864	Total	1531002,864

14. TANGKI BLEACHING (M-310)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1032206,660	H produk	1257717,453
Qsuplay	237379,615	Qloss	11868,822
Total	1269586,275	Total	1269586,275

15. HEATER (E-333)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	800365,652	H produk	1715069,254
Qsuplay	962845,507	Qloss	48141,905
Total	1763211,159	Total	1763211,159

16. EVAPORATOR (V-330 ; V-340; V-350; V-360)

MASUK (kkal)		KELUAR (kkal)	
EFEK 1			
Hsteam = $M_s \times \lambda_s$	2680064,524	H bahan keluar = L_1 $\times C_{pL1} \times (T_1 - Treff)$	1487776,703
Hfeed = $F \times C_{pF} \times (T_F - Treff)$	1708692,447	Hvapour = $V_1 \times H_1$ Qloss = $0,05(M_s \times \lambda_s)$	2894093,520 141056,028
Total	4381870,223	Total	4381870,223
EFEK 2			
Hbahan masuk = $L_1 \times C_{pL1} \times (T_1 - Treff)$	1487776,703	Hbahan keluar = L_2 $\times C_{pL2} \times (T_2 - Treff)$	981615,516
Hvapour = $V_1 \times \lambda_{s2}$	2290139,410	Hvapour = $V_2 \times H_2$ Qloss = $0,05(V_1 \times \lambda_{s2})$	2796300,597 120533,653
Total	3777916,113	Total	3777916,113
EFEK 3			
Hbahan masuk = $L_2 \times C_{pL2} \times (T_2 - Treff)$	981615,516	Hbahan keluar = L_3 $\times C_{pL3} \times (T_3 - Treff)$	493979,622
Hvapour = $V_2 \times \lambda_{s3}$	2262937,547	Hvaporr = $V_3 \times H_3$ Qloss = $0,05(V_2 \cdot \lambda_{s3})$	2750573,441 119101,976
Total	3244553,063	Total	3244553,063
EFEK 4			
Hbahan masuk = $L_3 \times C_{pL3} \times (T_3 - Treff)$	493979,622	Hbahan keluar = L_4 $\times C_{pL4} \times (T_4 - Treff)$	137834,706
Hvapour = $V_3 \times \lambda_{s4}$	2290336,538	Hvapour = $V_4 \times H_4$ Qloss = $0,05(V_3 \times \lambda_{s4})$	2646481,454 120544,028
Total	2784316,160	Total	2784316,160

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

BAB V

SPEKIFIKASI PERALATAN

1. Spesifikasi pompa :

- Fungsi : Untuk mengalirkan slurry dari tangki sterilisasi menuju ke fermentor.
- Jumlah : 1 buah
- Jenis : Centrifugal pump
- Ukuran pipa : 3 in sch 40
- Rate volumetric : $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power : $0,375 \text{ hp}$
- Bahan konstruksi : Commercial steel.

2. Spesifikasi Cooler :

- Jenis : Double Pipe Heat Exchanger
- Diameter equivalent: IPS standart $2 \times 1 \frac{1}{4}$, dengan luas area pada :
 - a. Anulus = $1,19 \text{ in}^2$
 - b. Pipa = $1,5 \text{ in}^2$
- Jumlah hairpin yang digunakan : 1 hairpin 20 ft
- Fluida dalam anulus : larutan dari sterilisasi (fluida panas)
- Fluida dalam pipa : air (fluida dingin)
- ΔP (Pressure drop) di anulus sebesar $0,154 \text{ psi}$
- ΔP (Pressure drop) di pipa sebesar $6,27 \text{ psi}$
- $U_D = 0,813$
- $U_c = 0,771$

3. Spesifikasi Fermentor:

- Jumlah = 2 unit
- Bentuk = Silinder vertikal dengan tutup dan dasar "flanged and dished head"
- Volume Tangki = 2860,223 ft³ = 80992,945 liter
- Volume Liquid = 2104,171 ft³ = 59583,808 liter
- Diameter Tangki = 14 ft = 4,267 m
- Tinggi Tangki = 21 ft = 6,401 m
- Tinggi Liquid = 13,663 ft = 4,165 m

Shell

- ID = 168,00 in = 4,267 m
- Tebal = ¼ in = 0,25 in = 0,006 m
- OD = 180 in = 4,572 m
- Bahan = Carbon steel SA-212 grade A
- Welded = Double welded butt joint

Flanged & dishead Head

- ID = 168,00 in = 4,267 m
- Tebal = 0,313 in = 0,008 m
- OD = 105 in = 2,667 m
- Bahan = Carbon steel SA-212 grade A
- Welded = Double welded butt joint
- Icr = 11 in = 0,279 m
- r = 170 in = 4,318 m
- a = 84 in = 2,134 m
- AB = 73 in = 1,854 m
- BC = 159 in = 4,039 m
- AC = 141,25 in = 3,588 m
- b = 28,748 in = 0,730 m
- OA = 32,561 in = 0,827 m

Spesifikasi Pengaduk

- Tipe = Dipakai impeller jenis four-bladed flat paddles
- Jumlah = 1 buah
- Diameter = 4,20 in = 0,107 m
- Putaran = 20 rpm
- Power Motor = 18,91 HP

Spesifikasi Jacket

- Tebal Jacket = $3/16$ in = 0,188 in

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



BAB VI **UTILITAS**

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS

BAB VI UTILITAS

Utilitas dalam sebuah industri merupakan salah satu bagian penunjang yang memegang peranan penting dalam suatu proses industri.

Utilitas di dalam pabrik Asam Laktat ini meliputi :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air sanitasi dan air umpan boiler.
- Steam, digunakan pada proses di dalam reaktor, sterilisasi tank, bleaching tank, sulfuric tank, maupun pemanasan di heater.
- Listrik berfungsi untuk menghasilkan tenaga, dimana pembangkitnya berasal dari turbin, dengan fluida yang bergerak (misalnya air), udara, dan steam sebagai tenaga penggerak peralatan proses maupun untuk penerangan.

VI.1 AIR

Sebagian besar bahan yang digunakan dalam utilitas adalah air. Ditinjau dari sumbernya, didunia ini air merupakan 3/5 bagian didunia. Air merupakan bahan yang tidak berbau, tidak berwarna, tidak bersifat toxic. Untuk mendapatkan air secara murni dari alam sangat sukar karena merupakan solvent yang baik bagi sebagian besar unsur. Daya pelarut air terhadap bahan – bahan mineral akan meningkat bila air tersebut mengandung gas – gas didalamnya, tertama gas CO_2 yang berasal dari udara. Selain itu, air juga dapat mengandung senyawa – senyawa yang terlarut dalam air (belerang, bahan organik, mikroorganisme) sehingga air tidak lagi berupa persenyawaan yang terdiri dari hidrogen dan oksigen tetapi sudah berupa larutan yang kompleks yang mengandung zat – zat organik maupun anorganik.

Untuk keperluan dalam industri, adanya kontaminan – kontaminan di atas merupakan faktor yang harus diperhatikan sebab dapat menimbulkan masalah yang serius, seperti terbentuknya endapan, korosi pada logam – logam, adanya endapan karena aktifitas mikrobiologi yang dapat mengganggu

dalam proses industri. Oleh karena itu, untuk mendapatkan air yang bisa digunakan, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu baik dengan cara penyaringan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang bersifat makro maupun yang bersifat mikro, sebelum dimasukkan dalam bak penampung. Air dalam bak penampung kemudian dilakukan pengolahan atau treatment lebih lanjut sesuai dengan keperluan pemakainya. Untuk menghemat air diperlukan sirkulasi.

Sebagian besar kebutuhan air untuk pabrik AsamLaktat diambil dari air sungai di sekitar lingkungan pabrik. Oleh karena itu sebelum mengalami proses water treatment yang lebih lanjut, air sungai perlu disaring terlebih dahulu dengan menggunakan *strainer*. Selanjutnya air sungai dimasukkan dalam bak penampung. Air didalam bak penampung kemudian diolah lebih lanjut sesuai dengan keperluan pemakainya.

Kebutuhan air dalam pabrik adalah :

1 AIR SANITASI

Pada dasarnya untuk air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas air bersih meliputi :

a. Syarat fisik

- suhu : dibawah suhu udara sekitar
- warna : jernih
- rasa : tidak berasa
- bau : tidak berbau
- kekeruhan : $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{liter}$

b. Syarat kimia

- pH : 6,5 – 8,5
- tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- tidak mengandung zat-zat beracun

c. Biologis

- tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri coli dan patogen.

Untuk memenuhi persyaratan – persyaratan di atas dapat dilakukan proses penjernihan sebelumnya dan untuk bakteriologis (Penghilangan bakteri) perlu ditambahkan kaporit (CaOCl_2) sebagai desinfektan yang fungsinya adalah untuk mencegah berkembangbiaknya bakteri pada sistem distribusi air sanitasi.

Tabel VI.1 Standart air minum WHO

Kandungan (mg/l)	Batasan yang diizinkan
Anion (deterjen)	0.2
Kalsium	75
Klorida	200
Tembaga	0.05
Besi	0.1
Magnesium	50
Mangan	0.05
Minyak	0.01
Range pH	7-8.5
Phenol	0.001
Sulfat	200
“Suspended matter”	5
Total padatan	500
Seng	5

(Kemmer, N. Frank., “The Nalco Water Handbook”, 2nd ed., hal 35.3)

2. AIR PROSES

Yang dimaksud dengan air proses disini adalah air yang digunakan dalam proses pembuatan Asam Laktat. Air proses dalam pabrik Asam laktat ini digunakan untuk :

1. Pembuatan energi dalam memproduksi steam.
2. Perpindahan panas untuk kondensasi steam dan pendinginan fluida.
3. Pembuatan produk asam laktat.
4. Pencucian pada rotary vacuum filter.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air proses adalah : Keasaman (pH), Alkalinitas, Kesadahan, Logam berat, Minyak, BOD, COD, dll.

3. AIR UMPAN BOILER

Air umpan boiler adalah air yang dilunakan terhadap kandungan mineral yang terdapat dalam air tersebut dan air yang digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler. Walaupun air kelihatan jernih tetapi pada umumnya air tersebut masih mengandung kation maupun anion yang terbawa oleh air sungai yang dapat merusak boiler.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler yaitu:

- **Zat- zat penyebab korosi**
Korosi dalam ketel disebabkan air pengisi mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti oksigen, karbondioksida, H_2 atau NH_3 . Oksigen dan CO_2 masuk dalam air karena aerasi ataupun kontak terjadi dalam atmosfer.
- **Zat penyebab “ scale forming”**
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. (salah satu ion alkaliniti).
(Alaerts, G., Santika, S.S., "Metode Pengolahan air", h. 72).
- **Zat penyebab foaming**
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan foam (busa) pada boiler, karena adanya zat – zat organik, anorganik dan zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi antara lain :

- Untuk boiler water
 - pH pada $25^{\circ}C$: 10,5-11
 - M-alkalinity : < 150 ppm
 - p-alkalinity : < 120 ppm
 - Total Solid : < 700 ppm

- Chlorine ion : < 100 ppm
- Silica : < 50 ppm
- Phosphoric acid ion : 20-40 ppm
- Sulfuric acid : 10-20 ppm
- Untuk feed water
 - pH pada 25°C : > 7
 - Hardness : < 5 ppm
 - Dissolve of Oxygen : < 0,1 ppm

4. AIR PENDINGIN

Kebanyakan air digunakan sebagai air pendingin karena adanya faktor-faktor, antara lain :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
 - Mudah diatur dan dikerjakan
 - Dapat menyerap jumlah panas yang besar persatuan volume.
 - Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendinginan
 - Tidak terdekomposisi
- Yang harus diperhatikan pada air pendingin antara lain ;
- Hardness, yang memberikan efek pembentukan kerak
 - Besi, penyebab korosi kedua
 - Silika, penyebab kerak
 - Minyak, penyebab terganggunya 'film corrosion inhibitor', heat transfer koefesien yang menurun dapat menjadi makanan mikroba yang bisa menyebabkan terbentuknya endapan.

PROSES PENGOLAHAN AIR

Untuk pengolahan air meliputi :

- Penyaringan kotoran.
- Penambahan bahan kimia (Koagulasi Flokulasi).
- Pengendapan.
- Filtrasi.
- Penambahan desinfektan (untuk air sanitasi).

- Pelunakan air untuk mengurangi kesadahan (softening).

Penyaringan kotoran

Air yang digunakan dari sungai yang telah dianalisa kandungannya, sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (strainer) untuk mengurangi kotoran yang berukuran besar seperti sampah plastik, daun atau ranting, dan sampah lain. Setelah itu air akan dialirkan ke pengolahan berikutnya yaitu proses koagulasi dan flokulasi.

Penambahan bahan kimia dan pengendapan

Pada proses awal (koagulasi), koagulan ditambahkan dengan disertai pengadukan cepat untuk mendapatkan homogenitas dari larutan dan diikuti dengan proses pengadukan lambat, dimana koagulan akan menetralkan muatan koloid sehingga partikel ini dapat membentuk gumpalan yang selanjutnya berubah menjadi partikel – partikel lebih besar dan lebih cepat mengendap.

Air dari strainer yang telah difilter kemudian dialirkan secara “overflow” ke bak koagulasi yang dilengkapi dengan pengaduk cepat (80 - 100 rpm) selama 1 menit dan pengaduk lambat (5-8 rpm) selama 15 menit. Di dalam bak koagulasi ditambahkan $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (alum) dan $Ca(OH)_2$ yang dosisnya disesuaikan dengan kekeruhan air sungai. Tujuan pemberian tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat.

(Alaerts, G, hal 86)

Reaksi yang terjadi, yaitu :



Penambahan bahan-bahan tersuspensi dalam air misalnya $Ca(OH)_2$ ini digunakan untuk menetralkan pH air sungai agar tercapai pH 6.5-8 dan digunakan untuk mengurangi kesadahan sementara. Setelah bahan-bahan tersebut ditambahkan ke dalam

bak koagulasi, kemudian proses pengadukan dipercepat, tujuannya agar dapat bercampur dengan koagulan sampai tercapai kondisi yang homogen. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah terjadi gumpalan-gumpalan air dialirkan ke bak yang berpengaduk dengan kecepatan lambat, tujuannya untuk membantu memperbesar flok-flok sehingga menjadi berat dan untuk mengaduk lumpur yang mengendap pada bagian bawah. Dari bak koagulasi kemudian secara "overflow" dialirkan ke bak sedimentasi agar terjadi proses pengendapan sebaik-baiknya.

Air jernih dari bagian atas bak sedimentasi dialirkan secara "overflow" ke bak penampung lalu dipompa ke "Pressure Sand Filter" yang berfungsi untuk menangkap partikel-partikel kecil yang melayang di air yang tidak terendapkan pada bak sedimentasi sebelumnya. Partikel-partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil. Filter yang digunakan adalah anthracite coal. Keuntungan menggunakan anthracite dibanding pasir adalah karena mempunyai berat jenis yang lebih kecil (s.g. 1.5 pasir, 2.65) bentuknya yang tidak beraturan serta luas permukaan dari butir-butir runcing persatuan volume lebih besar dari luas permukaan pasir yang lebih bulat, hal ini membuat penangkapan flok yang lebih baik.

Air yang lolos merupakan air bersih dan jernih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Dari bak penampung air bersih, kemudian air dipompa ke bak distributor untuk pendinginan.

Untuk mendapatkan air sanitasi yang memenuhi syarat perlu ditambahkan desinfektan (kaporit atau Ca(OCl)_2) dengan yang digunakan untuk membunuh kuman dan bakteri yang merugikan.

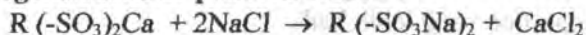
Kemudian air sanitasi ini ditampung dalam bak penampung air sanitasi. Untuk air pendingin dan air proses langsung dapat digunakan, sedangkan untuk air umpan boiler dilakukan softening pada kation exchanger.

Demineralisasi

Ion exchanger terdiri dari kation dan anion exchanger, ion positif seperti Mg^{2+} dan Ca^{2+} diganti dengan ion Na^+ dari resin kation (RNA), sedangkan pada anion exchanger ion negatif seperti Cl^- diikat oleh resin basa kuat (ROH). Untuk air umpan boiler hanya memerlukan kation exchanger, karena yang perlu hilang dari umpan boiler adalah ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yang merupakan penyebab kesadahan dan akan menimbulkan kerak pada ketel.

Unit ini dilengkapi dengan fasilitas regenerasi dengan menambahkan larutan $NaCl$ 10% kedalam kation exchanger. Fungsi dari regenerasi adalah untuk mengaktifkan kembali fungsi resin pada bed kation dan bed anion. Umumnya resin penukar ion yang digunakan adalah senyawa Na^+ dari penukar kation asam kuat. Jadi bila air dilewatkan pada bed resin ini, maka komponen – komponen yang menyebabkan kesadahan (Ca^+ dan Mg^+) dalam air akan digantikan oleh ion – ion Na^+ dari resin hingga diperoleh air lunak atau air kation. Ion Na^+ tertukar dengan ion air sehingga Na^+ hilang dan lama-kelamaan resin jenuh dan kehilangan daya tukarnya sehingga harus diregenerasi. Reaksi yang terjadi pada proses regenerasi adalah sebagai berikut :

Reaksi regenerasi resin penukar kation :



Reaksi regenerasi resin penukar anion :



Setelah regenerasi selesai maka dilakukan pembilasan yang disebut dengan rinsing (pembilasan setelah regenerasi) dimana arah alirannya dimulai dari atas ke bawah. Fungsi dari rinsing adalah untuk membilas sisa $NaCl$ pada bed kation dan membilas sisa $NaOH$ pada bed anion, selanjutnya adalah proses servis dimana aliran pada bed kation dan bed anion dilakukan secara bersamaan. Pada proses servis menghasilkan air demin dan

air kation (air lunak) dimana air demin diperoleh dari proses servis pada bed kation dan bed anion sedangkan air lunak diperoleh dari proses servis pada bed kation.

VI.2. STEAM

Steam mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. Steam digunakan sebagai media pemanas. Steam yang digunakan dalam pabrik Asam Laktat ini adalah steam jenuh (*saturated steam*).

VI.3 LISTRIK

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

- 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.
- 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.4 PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR

$$\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3 \text{ (Geankoplis, App.A.2-3)}$$

$$\text{Kebutuhan air dalam m}^3/\text{hari} = \frac{\text{kebutuhan air dalam kg/hari}}{\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C}}$$

❖ Air Sanitasi

► Kebutuhan karyawan :

Untuk keperluan air sanitasi diperlukan air sebanyak 0.2 m³/hari untuk tiap karyawan

(Kemmer. N. Frank., hal35.1)

Pada pabrik ini, karyawan yang diperkerjakan ditetapkan sebanyak 300 orang.

$$\text{Untuk 300 orang karyawan} = 60 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

► **Kebutuhan laboratorium, taman, service water, hydrant :**

Diperlukan 40% dari kebutuhan karyawan maka :

$$= 0,4 \times 60 = 24 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

Maka untuk kebutuhan air sanitasi adalah :

$$= 60 + 24 = 84 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

❖ **Air Pendingin**

Dari appendiks B neraca panas didapatkan kebutuhan air pendingin :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Tangki Pendingin	18210,704
2.	Cooler I	79180,504
3.	Reaktor starter	83,6
4.	Fermentor	1321,726
5.	Cooler II	31436,623
Total		130233,157

ρ air pada $30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg} / \text{m}^3$ (Geankoplis, hal 854)

Kebutuhan air pendingin :

$$= 130233,157 \text{ kg/hari} : 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$= 130,798 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Untuk menghemat pemakaian air pendingin, maka dilakukan recycle air pendingin. Diasumsikan 90% dari total kebutuhan air pendingin kembali ke cooling tower.

Air pendingin yang direcycle :

$$= 90\% \times 130,798 \text{ m}^3 / \text{hari} = 117,718 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

❖ *Air umpan boiler*

Dari appendix B neraca panas, didapatkan kebutuhan steam:

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Heater I	52,395
2	Pre-Hidrolisa	315,072
3	Heater II	8,451
4	Hidrolisa	1047,353
5	Heater	1832,205
6	Tangki Sterilisasi	457,491
7	Sulfuric tank	2159,261
8	Heater III	381,701
9	Bleaching tank	456,812
10	Heater IV	1852,895
11	Evaporator	5362,531
Total		13926,167

ρ air pada $30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$ (Geankoplis, hal 854)

Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah :

$$= 13926,167 \text{ kg/hari} : 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$= 13,987 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk menghemat pemakaian air umpan boiler, maka dilakukan recycle air umpan boiler. Diasumsikan 90% dari total steam kondensat kembali ke air umpan boiler.

Air umpan boiler yang direcycle :

$$= 90\% \times 13,987 \text{ m}^3 / \text{hari} = 12,588 \text{ m}^3/\text{hari}$$

❖ **Air proses**

Dari appendix A neraca massa didapatkan kebutuhan air proses:

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Heater I	366,485
2	Rotary vacum filter I	1325,644
3	Heater II	417,726
4	Rotary vacum filter II	623,269
5	Rotary vacum filter III	683,351
Total		3416,474

ρ air pada $30^{\circ}\text{C} = 995,68 \text{ kg} / \text{m}^3$ (Geankoplis, hal 854)

Total kebutuhan air proses:

$$= 3416,474 \text{ kg/hari} : 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$= 3,431 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total awal kebutuhan air :

= air sanitasi + air pendingin + air umpan boiler + air proses

$$= (84 + + 130,798 + 13,987 + 3,431) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 232,216 \text{ m}^3 / \text{hari.}$$

Total air yang direcycle :

= recycle air pendingin + recycle air umpan boiler

$$= (117,718 + 12,588) \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$= 130,306 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Make up water :

= Air keseluruhan - Air yang direcycle

$$= (232,216 - 130,306) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 101,910 \text{ m}^3/\text{hari}$$

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

BAB VII

KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan syarat mutlak yang harus dilaksanakan didalam suatu perusahaan sebagai usaha untuk mencegah dan mengendalikan kerugian yang diakibatkan dengan adanya kecelakaan, kebakaran, kerusakan harta benda perusahaan dan kerusakan lingkungan serta bahaya-bahaya lainnya. Kurang perhatian tentang keselamatan kerja dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menghambat aktivitas produksi.

Definisi kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang dialami oleh seorang karyawan semenjak ia meninggalkan rumah kediamannya menuju tempat kerja, selama jam kerja, maupun kembalinya dari tempat kerja menuju kediamannya, melalui jalan yang biasa ditempuh.

Kesehatan kerja adalah keselamatan yang berhubungan dengan lingkungan kerja yang berupa mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja, dan lingkungannya serta cara-cara melakukan kerja.

Kesehatan dan keselamatan kerja harus dapat membantu meningkatkan produksi dan produktivitas kerja dengan alasan :

1. Dengan tingkat keselamatan kerja yang tinggi, sehingga faktor manusia dapat diserasikan dengan tingkat efisiensi yang tinggi pula.
2. Praktek keselamatan kerja tidak dapat dipisahkan dengan ketrampilan, namun keduanya berjalan sejajar dan merupakan unsur yang sangat penting dalam proses produksi .
3. Keselamatan kerja dilaksanakan dengan partisipasi pengusaha dan buruh yang membawa iklim ketenangan dan keamanan sehingga diantara mereka terbina hubungan yang dapat menunjang kelancaran produksi.

Dengan dilaksanakannya keselamatan kerja dengan baik maka dapat ditingkatkan produktivitas dari perusahaan. Oleh karena itu *kita harus mematuhi dan mentaati semua peraturan yang ada.*

Sedangkan tujuan dari keselamatan kerja yaitu :

1. Melindungi tenaga kerja atas hak dan keselamatannya dalam melaksanakan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional.
2. Menjamin keselamatan tiap orang yang berada di tempat kerja.
3. Sumber produksi dipelihara dan dipergunakan secara aman dan efisien.

Sedangkan bahaya yang mungkin timbul dalam perusahaan yaitu

a. Bahaya Kebakaran.

Penyebab terjadinya kebakaran antara lain :

- Karena merokok.
- Zat cair yang mudah meledak.
- Nyala api yang terbuka dan bahan-bahan pijar.
- Mesin-mesin yang tidak terawat dan menjadi panas.
- Penyinaran.
- Adanya aliran pendek arus listrik.

Pencegahan dan penanggulangan terhadap bahaya kebakaran sangatlah perlu dilakukan. Upaya-upaya pencegahan yang dapat dilakukan yaitu ;

- Adanya tanda dilarang merokok pada sekitar tempat kerja.
- Menjauhkan bahan-bahan yang mudah terbakar dari sumber api.
- Mengisolasi daerah yang bertegangan tinggi.
- Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekring) otomatis.
- Perawatan yang baik dan berkala pada instalasi-instalasi pabrik dan kabel.
- Penempatan alat-alat pemadam kebakaran pada tempat yang mudah dijangkau dan disekitar sumber api.

b. Ledakan.

Ledakan pada alat-alat industri disebabkan karena salah dalam hal mendesign. Oleh karena itu dalam merancang suatu alat industri harus benar-benar teliti terutama pada alat yang beroperasi pada tekanan tinggi, misalnya pada reaktor.

Cara pencegahan yang baik yaitu melakukan pengamanan mesin atau peralatan lainnya dan juga alat pelindung diri bagi karyawan terhadap bahaya-bahaya lingkungan kerja. Bahaya ini dapat meliputi bahaya fisik maupun bahaya yang bersifat kimia.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam keselamatan dan kesehatan kerja adalah sebagai berikut :

1. Bahaya dalam proses pabrik.

- Flame dan eksploitasi, desain peralatan untuk hal ini harus didasarkan pada karakteristik bahan-bahan yang diolah.
- Higienis, harus diperhatikan adanya zat-zat beracun.
- Mekanikal, bahaya yang ditambahkan pada alat-alat yang bergerak dan penempatan dari alat-alat bangunannya.

2. Plant Lay Out.

Dalam penyusunan Plant Lay Out masalah keselamatan kerja harus diperhatikan, pembagian plant dalam unit-unit tidak hanya membantu efisiensi kerja dan pemeliharannya tetapi juga diperhatikan penyebab penyebaran api dan adanya ledakan.

3. Utilitas.

Pembangkit dan pembagian utilitas dalam suatu pabrik mempunyai fungsi yang amat penting. Fasilitas ini harus diletakkan agak jauh tetapi praktis dalam suatu unit operasi. Terutama sekali pada daerah-daerah yang menghasilkan gas atau bahan yang mudah meledak.

4. Bangunan.

Faktor keselamatan kerja disini penting sekali, terutama antara bangunan dan peralatan operasi dari suatu proses harus diatur sedemikian rupa sehingga kemungkinan bahaya yang timbul bisa dicegah, misalnya kebakaran, debu, bau dan lain-lain.

5. Mechanical Design dan safety

Untuk konstruksi yang aman semua *mechanical design* harus sesuai dengan metode yang berlaku.

6. Pelistrikan

Dalam hal ini perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Kalau mungkin dipasang alat operasi jarak jauh (remote shut down) dari alat-alat operasi starter yang dipasang ditempat. Alat-alat yang penting seperti switcher dan transformer sebaiknya diletakkan sejauh mungkin dari unit operasi.
- Alat-alat penting atau pemasangan-pemasangan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda, misalnya dengan mencampur cat warna ke dalam concrete penutup.
- Perawatan yang baik terhadap peralatan atau kabel-kabel.
- Memberi peringatan pada daerah sumber-sumber tegangan listrik.
- Menutup daerah yang bertegangan tinggi.

7. Alat Pemadam Api.

Alat pemadam api (kebakaran) pada suatu pabrik merupakan suatu alat yang sangat perlu dan harus disediakan pada setiap unit pabrik. Air yang disemprotkan kedalam api akan meyelubungi api sehingga memberikan efek pendingin dan ternyata sangat berhasil. Karena pentingnya air sebagai pemadam, maka distribusi air sangatlah penting. Cara lain untuk memadamkan api dengan cepat adalah dengan menggunakan foam atau gas inert seperti CO₂. Steam juga banyak dipakai, sebagai pemadam api disekitar furnace, seluruh pabrik dan kantor maupun gudang harus dilengkapi dengan portable extenfhuis yang akan dipakai untuk api kecil, yang pada umumnya kebakaran terjadi karena api kecil tersebut, perhatian yang cepat pada api yang kecil ini dapat mencegah kebakaran yang hebat.

8. Sistem alarm pabrik.

Semua sistem alarm harus dipasang, supaya semua personil karyawan mengetahui dan segera bersiap dan bertindak jika ada kebakaran atau bahaya lain.

9. Peraturan keselamatan kerja.

Selain ketentuan-ketentuan yang telah dibicarakan diatas masih ada peraturan keselamatan kerja yang dikeluarkan oleh departemen tenaga kerja. Peraturan ini harus dijalankan pada semua pabrik

Berikut ini adalah pokok-pokok dari undang-undang keselamatan kerja No.1 tahun 1970, yang wajib diterapkan oleh pemerintah saat ini.

- I. Tentang istilah-istilah.
- II. Ruang lingkup.
- III. Syarat-syarat keselamatan kerja.
- IV. Pengawasan.
- V. Pembinaan.
- VI. Penelitian pembina keselamatan dan kesehatan kerja.
- VII. Kecelakaan.
- VIII. Kewajiban dan hak tenaga kerja.
- IX. Kewajiban bila memasuki tempat kerja.

10. Hal-hal lain

- Pemakaian masker, kaos tangan pada pekerja bagian unit-unit tertentu yang dianggap perlu.
- Pemasangan isolasi yang baik pada semua permukaan peralatan yang memancarkan panas bila dianggap perlu.
- Pemasangan perlindungan pada semua bagian yang berputar, seperti pada belt conveyor, blower, dan sebagainya.
- Adanya penerangan yang cukup baik di dalam maupun di luar ruangan.
- Memberikan papan peringatan tentang larangan menyalakan api atau merokok didaerah yang dipandang rawan akan bahaya kebakaran.

ALAT PELINDUNG DIRI

Upaya untuk mengendalikan bahaya yang ditimbulkan oleh ledakan atau kebakaran, selain mengetahui berbagai macam alat dan bahan yang mudah meledak dan terbakar juga perlu dalam menggunakan alat pelindung diri.

Secara umum alat pelindung diri harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Harus dapat memberikan perlindungan yang sangat spesifik bagi para pekerja.
2. Mempunyai berat yang seringnya ringan.
3. Harus dapat dipakai secara fleksibel dan tidak membatasi daya gerak bagi pemakainya.
4. Tidak mudah rusak.
5. Tidak menimbulkan efek samping bagi pemakainya.
6. Suku cadangnya harus mudah diperoleh sehingga pemeliharaan bagi alat pelindung diri dapat dilakukan dengan mudah.

Menurut undang-undang keselamatan kerja No.1 tahun 1970 untuk mengurangi kecelakaan akibat kerja, maka perusahaan menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis perusahaannya masing-masing.

Alat pelindung diri pada pabrik Asam Laktat ini antara lain :

1. Alat Pelindung Kepala.

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

Alat yang biasa digunakan yaitu

1. Safety Head : Melindungi kepala dari benturan.
 2. Acid Head : Melindungi kepala dari bahan kimia.
2. Alat Pelindung Mata.

Secara alami mata manusia telah dilengkapi dengan berbagai pelindung, namun pelindung alami ini kurang mampu melindungi mata dari polusi-polusi yang terdapat disekitar bahan-bahan kimia dan partikel-partikel halus lainnya. Selain itu alat pelindung mata dapat melindungi dari

percikan bahan-bahan yang korosif, serta gas atau steam yang dapat menyebabkan iritasi pada mata. Secara umum alat pelindung mata menurut bentuknya dapat dibedakan atas :

- ◆ Kaca mata dengan pelindung samping.
- ◆ Goggles : kacamata pengaman terhadap debu.
- ◆ Tameng muka.

3. Alat Pelindung Telinga.

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

Alat pelindung telinga dapat dibedakan menjadi :

- Ear plug
Melindungi telinga dari suara bising kurang 95 dB.
- Ear muff
Melindungi telinga dari suara bising diatas 95 dB.

4. Alat pelindung tangan.

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

- Sarung tangan karet : Pelindung tangan dari bahan kimia.
- Sarung tangan asbes : Pelindung tangan dari panas.

5. Alat Pelindung Kaki.

Alat ini berfungsi untuk melindungi kaki dari jatuhnya benda-benda berat, terpercik aliran panas atau larutan asam yang korosif. Alat pelindung kaki ini berupa sepatu yang terbuat dari plastik.

6. Safety Belt.

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

Beberapa pelaksanaan K-3 pada pabrik Asam Laktat :**1. Pengangkutan :**

- Tongkol jagung yang berasal dari petani diangkut dengan truck melewati jalur darat.
- Tongkol jagung dengan kadar air 1% disimpan dalam karung yang kering, yang diletakkan di atas balok-balok kayu.
- Pekerja yang mengangkat tongkol jagung harus menggunakan sarung tangan agar tidak terkontaminasi dengan kotoran, selain itu harus menggunakan *safety shoes*.

2. Bahan baku :**♦ Tongkol jagung**

- Bahan baku tongkol jagung ini disimpan pada gudang penyimpanan (*indoor*).
- Tongkol jagung tidak boleh diletakkan kontak langsung dengan lantai, hal ini akan memicu pertumbuhan jamur lebih cepat. Tongkol jagung disimpan di dalam karung yang kering, yang diletakkan di atas balok-balok kayu. (*Surtikanti, Jurnal Kumbang Bubuk dan Strategi Penaggulangannya*).
- Bahan baku disimpan dengan kadar air 1% agar tidak timbul jamur dengan suhu ruang 27°C dan kelembaban udara (Rh) 0,07 kg H₂O/kg udara. (*Surtikanti, Jurnal Kumbang Bubuk dan Strategi Penaggulangannya*).
- Batas penyimpanannya tongkol jagung dalam karung maksimal 3 bulan (dengan batas kadar air 1%). (*Surtikanti, Jurnal Kumbang Bubuk dan strategi penaggulangannya*).
- Alat pelindung kepala atau *safety helm*, alat pelindung tangan (*gloves*), alat pelindung kaki (*safety shoes*).

3. Bahan tambahan :

♦ H_2SO_4 , enzim selulase, $(NH_4)_2HPO_4$, maltsprout, karbon aktif

- Bahan tambahan ini disimpan di dalam tangki penampung. Pemilihan material disesuaikan dengan *corrosion allowable* yang tepat (d disesuaikan dengan kondisi operasi dan jenis bahan yang disimpan).
- Pemasangan *level*, *pressure* dan *temperatur indicator* untuk mengetahui dan mengontrol kondisi bahan dalam tangki.
- Pemasangan tanda bahan berbahaya disekitar tangki.
- Karena bahan yang disimpan sifatnya mudah meledak dan terbakar, maka *lay out* tangki penampung harus dijauhkan dari bahan-bahan yang dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja, serta sirkulasi udara di sekitar tangki harus mencukupi.
- Pemantauan NAB bahan kimia dalam tangki penampung secara berkala.
- Alat pelindung kepala *safety helm*, alat pelindung kaki sepatu karet, alat pelindung muka *face shield*.
- Pemasangan tangga sekaligus ada pegangannya, *man hole* dan *hand hole*.

Untuk inspeksi dan *maintenance* :

- Dilakukan pengecekan terhadap material secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran atau kecelakaan kerja.
- Penggunaan pakaian anti asam, masker gas, sarung tangan dari bahaya larutan yang bersifat korosif, dan sepatu karet.
- Pemasangan *manhole* dan *hand hole* untuk inspeksi dan *maintenance*.
- Pemasangan tanda bahaya disekitar tangki.

4. Alat :

- ◆ *Belt conveyor, bucket elevator.*
 - Bagian atas *belt conveyor* diberi tutup, agar tidak ada kotoran yang masuk.
 - Bagian atas *bucket elevator* dibuat tertutup agar hasil pengecilan ukuran tongkol jagung tidak berhamburan keluar.
 - Mengatur jarak antar alat dan unit untuk mempermudah perawatan.
 - Dilakukan pembersihan secara berkala.
 - Alat pelindung kepala atau *safety helm*, alat pelindung kaki: *safety shoes*.

- ◆ *Rotary Knife Cutter, Hammer mill.*
 - Dilakukan pembersihan secara berkala.
 - Alat pelindung kepala atau *safety helm*, alat pelindung telinga *ear plug*, alat pelindung kaki *safety shoes*.

- ◆ *Heat exchanger, cooler.*
 - Dilengkapi temperatur *control* pada exchanger.
 - Dipasang *drain hole* untuk pembersihan.
 - Dilengkapi dengan *isolator* untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi.
 - Dilakukan pengecekan terhadap material secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran atau kecelakaan kerja.
 - Alat pelindung kepala atau *safety helm*, alat pelindung telinga (*ear plug*), alat pelindung kaki sepatu karet.

- ◆ Reaktor pre hidrolisa, reaktor hidrolisa, tangki sterilisasi, tangki kultur, fermentor, reaktor sulfuric, tangki *bleaching*.
 - Pada daerah di sekitar reaktor dipasang rambu peringatan tentang daerah bahaya.
 - Dilakukan pembersihan dan pengecekan alat secara berkala.

- Untuk mencegah tegangan yang berlebih (*over stressing*), dilakukan pengetesan tekanan dan temperatur setelah pembersihan.
 - Pemasangan level, temperatur, *pressure indicator control* untuk mengetahui, mendeteksi dan mengontrol kondisi operasi.
 - Pemasangan tangga dan pegangannya untuk mempermudah dalam pengontrolan reaktor.
 - Alat pelindung kepala (*safety helm*), alat pelindung pernafasan atau masker kain, alat pelindung telinga (*ear plug*), alat pelindung sepatu karet, alat pelindung sarung tangan karet.
- ◆ Pompa
- Bagian "*propeller*" dilengkapi dengan "*cashing*"
 - Bagian kopleng (yang menghubungkan "*propeller*" dan motor) harus selalu tertutup dan dilengkapi dengan strainer (saringan atau *filter*) yang digunakan untuk menyaring kotoran agar tidak masuk pompa.
 - Harus cek *valve* secara berkala untuk mencegah timbulnya aliran balik.
 - Diletakkan pada lantai dasar untuk keselamatan dan untuk kemudahan operator.
 - Alat pelindung kepala (*safety helm*), alat pelindung kaki sepatu karet.
- ◆ *Rotary vacuum filter, filter press*, elektrodialisis.
- Untuk elektrodialisis, dilengkapi dengan pengaman listrik otomatis dan isolasi pada kabel listrik.
 - Alat pelindung kepala atau *safety helm*, alat pelindung telinga (*ear plug*), alat pelindung kaki sepatu karet.
- ◆ Evaporator
- Pemakaian sarung tangan dan masker bagi para pekerja bagian evaporator.
-
-



- Pemasangan rambu peringatan daerah berbahaya disekitar evaporator

- ◆ Sistem perpipaan
 - Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat.
 - Pipa – pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman agar mudah pengecekan, perbaikan, serta tidak mengganggu jalannya proses maupun kegiatan para pekerja.
 - Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan –U (U – bed), tee.
 - Pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindari ledakan yang diakibatkan oleh pemuaiian pipa.
 - Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah di cat warnah merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.
 - Untuk mempermudah identifikasi kebocoran pipa, maka perpipaan diletakkan di atas tanah.
 - Susunan valve dan perpipaan diatur dengan baik sehingga sangat membantu *safety* dan diatur sedemikian rupa supaya transportasi tidak terganggu.
 - Pipa steam dilosped dan dipasang block valve sehingga steam bisa didatangkan dari berbagai arah seandainya terjadi kerusakan pada pipa steam.
 - Dipasang *fire stop* pada semua system pengeluaran untuk mencegah penyebaran kebakaran.
 - Dipasang isolasi yang baik untuk pipa steam dan pipa air panas agar tidak ada bahaya kebakaran kulit apabila tersentuh oleh karyawan atau petugas dan selain untuk mencegah panas yang hilang.

- Sambungan dipasang dan dikontrol dengan baik.

5. Produk :

- Pemasangan *temperature, pressure, level indicator* untuk mengetahui, mengontrol kondisi dalam tangki.
- Alat pelindung kepala (*safety helm*), alat pelindung kaki (sepatu karet).

6. Pengolahan limbah :

- *Solid waste, liquid waste.*
- Hasil limbah sebelum dibuang ke selokan, di *treatment* dahulu untuk memenuhi standart pengolahan limbah dan agar tidak mencemari lingkungan di sekitar pabrik dan rumah penduduk.
- Menggunakan alat pelindung kepala (*safety helm*), alat pelindung muka (*masker*), alat pelindung mata, alat pelindung tangan (*gloves*), alat pelindung kaki (sepatu karet).

7. Hal-hal secara umum :

♦ *Lay out* pabrik

- Bangunan gedung beserta alat-alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, perusakan akibat cuaca, gempa, petir, banjir dan lain sebagainya.
- Penempatan *lay out* antara unit produksi dan tempat kerja harus terpisah (diberi jarak agak berjauhan).
- Disediakan jalan diantara plant-plant yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misal: kebakaran).
- Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik.

◆ Instalasi pemadam kebakaran

Instalasi semacam ini mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat – tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : *hydrant, splinker, dry chemical power*
- Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*

Upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran di pabrik ini adalah :

- Disediakan *hydrant* disetiap plant (unit) untuk menanggulangi atau pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/ peledakan, dan tabung pemadam kebakaran di unit kerja.
- Pengecekan secara berkala tabung-tabung pemadam kebakaran.
- Memasang alarm disetiap plant (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

◆ Sistem kelistrikan

- Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman.
- Setiap peralatan yang dioperasikan secara listrik harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk *arde*, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat.
- Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

BAB VIII INSTRUMENTASI

Instrumentasi merupakan fungsi pendukung dari jalannya suatu proses, yang mengawasi dan mengendalikan suatu kondisi operasi sesuai dengan variabel proses yang diinginkan.

Kelengkapan instrumentasi dalam perencanaan suatu pabrik mutlak harus diperlukan. Sebab dengan adanya sistem instrumentasi yang memadai maka bagian-bagian dari pabrik yang penting dan memerlukan pengawasan yang rutin dapat dikontrol dengan baik.

Manfaat dari pengadaan alat ukur dan instrumentasi :

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

Variabel pengendalian proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrument penunjuk atau pencatatan saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang sangat *sensitive* terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.

2. Elemen penguat



Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal yang dapat dibaca oleh *controller*.

3. *Controller*

Controller merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.

4. Element pengontrol akhir

Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari *controller* menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variable proses ke harga yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang sangat perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

- Level instrument
- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan
- Bahan konstruksi
- Pengaruh pemanasan instrument pada kondisi proses

Alat kontrol yang sering dipakai dalam industri antara lain :

- Pengatur suhu
 - a. *Temperature Controller (T.C)*
Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
 - b. *Temperature Indicator (T.I)*
Fungsi : untuk menunjukkan temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.
 - c. *Temperature Indicator Controller (T.I.C)*
Fungsi : untuk mengetahui dan mengontrol temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
- Pengatur tinggi fluida
 - a. *Level Controller (L.C)*
Fungsi : untuk mengontrol tinggi fluida dalam alat sehingga tidak melebihi batas yang ditentukan.

b. *Level Indicator (L.I)*

Fungsi : untuk mengetahui tinggi fluida dalam alat.

c. *Level Indicator Controller (L.I.C)*

Fungsi : untuk mengetahui dan mengontrol tinggi fluida sesuai dengan kondisi yang diminta.

• Pengatur aliran fluida

a. *Flow Controller (F.C)*

Fungsi : untuk mengontrol laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu Control valve.

b. *Flow Indicator (F.I)*

Fungsi : untuk mengetahui aliran fluida dalam proses operasi.

• Pengatur tekanan

a. *Pressure Controller (P.C)*

Fungsi : untuk mengontrol tekanan operasi sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan.

b. *Pressure Indicator (P.I)*

Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.

Tabel VIII.1 Alat Instrumentasi pada Pabrik Asam Laktat

ALAT	SISTEM INSTRUMENTASI	FUNGSI
<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor Pre Hidrolisa • Reaktor Hidrolisa • Reaktor <i>Sulfuric</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature Controller</i> (TC) • <i>Level Controller</i> (LC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengontrol suhu dari reaktor <i>pre</i> hidrolisa, reaktor hidrolisa dan reaktor <i>sulfuric</i> dengan cara mengatur flow rate dari <i>steam</i> yang masuk. • Mengontrol ketinggian dari bahan yang masuk ke dalam reaktor <i>pre</i> hidrolisa, reaktor hidrolisa, dan reaktor <i>sulfuric</i>.
<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor <i>starter</i> • Fermentor 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature Controller</i> (TC) • <i>Level Controller</i> (LC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengontrol suhu dari reaktor <i>pre</i> hidrolisa, reaktor hidrolisa dan reaktor <i>sulfuric</i> dengan cara mengatur flow rate dari air pendingin yang masuk. • Mengontrol ketinggian dari bahan yang masuk ke dalam reaktor <i>pre</i> hidrolisa, reaktor hidrolisa, dan reaktor <i>sulfuric</i>.

<ul style="list-style-type: none"> • Heater • Cooler 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature Controller (TC)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengontrol temperatur proses, sehingga sesuai dengan kondisi temperatur yang diinginkan.
<ul style="list-style-type: none"> • Tangki sterilisasi • Tangki bleaching 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature Controller (TC)</i> • <i>Level Controller (LC)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengontrol suhu tangki sterilisasi dengan cara mengatur flow rate dari steam yang masuk. • Mengontrol ketinggian bahan yang masuk ke dalam tangki sterilisasi.
<ul style="list-style-type: none"> • Evaporator 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature Controller (TC)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengontrol suhu pada evaporator dengan cara mengatur flow rate dari steam yang masuk.
<ul style="list-style-type: none"> • Tangki penampung setelah tangki sterilisasi, fermentor, tangki bleaching, filter press dan tangki penampung produk Asam laktat. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Level Indicator (LI)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Menunjukkan ketinggian bahan yang masuk ke dalam tangki penampung.

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB IX
PENGOLAHAN LIMBAH
INDUSTRI KIMIA

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**ITS**
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



**ITS**

**ITS**

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Definisi limbah adalah kotoran atau buangan yang merupakan komponen penyebab pencemaran terdiri dari zat atau bahan yang tidak mempunyai kegunaan lagi bagi masyarakat. Limbah industri kebanyakan menghasilkan limbah yang bersifat cair atau padat yang masih kaya dengan zat organik yang mudah mengalami peruraian. Kebanyakan industri yang ada membuang limbahnya ke perairan terbuka, sehingga dalam waktu yang relatif singkat akan terjadi bau busuk sebagai akibat terjadinya fermentasi limbah. Sebagian pengusaha industri yang akan membuang limbah diwajibkan mengolah terlebih dahulu untuk mencegah pencemaran lingkungan hidup disekitarnya.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik Asam laktat banyak mengandung zat organik dan memiliki beban polusi yang cukup tinggi apabila langsung dibuang ke dalam perairan. Oleh karena itu diperlukan pengolahan untuk mencapai ketentuan yang berlaku sebelum dibuang ke dalam perairan, guna untuk mencegah pencemaran lingkungan.

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Asam Laktat dapat digolongkan dalam dua bentuk yaitu :

1. Limbah padat
2. Limbah cair

I. SUMBER DAN KARAKTERISTIK LIMBAH

• Limbah Padat

Limbah padat berupa cake yang berasal dari proses filtrasi pada

Rotary Vacuum Filter II

Komposisi	Massa (kg)
Selulosa	417,726
Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420
Ash	464,140
H ₂ O	12,847
H ₂ SO ₄	2,356x10 ⁻⁹
Xylose	0,021
Glukosa	2,637
Enzim selulase	265,129
Jumlah	3116,343

Rotary Vacuum Filter III

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	14,496
H ₂ SO ₄	6,568x10 ⁻⁴
xylose	0,023
asam laktat	2,480
CaSO ₄	2648,349
Biomass	751,407
Jumlah	3416,754

Filter Press

Komposisi	Massa (kg)
Karbon aktif	36,330
Jumlah	36,330

- **Limbah Cair**

Limbah cair dari pabrik Asam Laktat berasal dari proses filtrasi pada:

Rotary Vacuum Filter I

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	$7,199 \times 10^{-3}$
H ₂ SO ₄	$3,420 \times 10^{-4}$
Xylose	3021,065
Jumlah	3021,073

II. PENGOLAHAN LIMBAH

Pengolahan limbah yang dilakukan pada pabrik Asam Laktat antara lain :

➤ **Limbah Padat**

Limbah padat dari rotary vacuum filter dan filter press ini sebagian besar berupa bahan organik, sehingga dapat diolah menjadi pupuk kompos, karena pada dasarnya semua bahan-bahan organik padat dapat dikomposkan, misalnya: limbah organik limbah peternakan, limbah-limbah pertanian, limbah-limbah agroindustri, limbah pabrik dan lain-lain.

Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif

dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50°- 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba Termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume atau bobot awal bahan.

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses yang dijelaskan sebelumnya adalah proses aerobik, dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik. Namun, proses ini tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap.

Metode atau teknik pengomposan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat teknologi yang dibutuhkan, yaitu :

1. Pengomposan dengan teknologi rendah (Low -Technology)
2. Pengomposan dengan teknologi sedang (Mid -Technology)
3. Pengomposandengan teknologi tinggi (High – Technology)

Contoh-contoh pengomposan dengan teknologi tinggi antara lain :

- *Rotary Drum Composters*

- *Box/Tunnel Composting System*
- *Mechanical Compost Bins*

Rotary Drum Composters

Pengomposan dilakukan di dalam drum berputar yang dirancang khusus untuk proses pengomposan. Bahan-bahan mentah dihaluskan dan dicampur pada saat dimasukkan ke dalam drum. Drum akan berputar untuk mengaduk dan memberi aerasi pada kompos.

Box/Tunnel Composting System

Pengomposan dilakukan dalam kotak-kotak atau bak skala besar. Bahan-bahan mentah akan dihaluskan dan dicampur secara mekanik. Tahap-tahap pengomposan berjalan di dalam beberapa bak atau kotak sebelum akhirnya menjadi produk kompos yang telah matang.

Sebagian dikontrol dengan menggunakan komputer. Bak pengomposan dibagi menjadi dua zona, zona pertama untuk bahan yang masih mentah dan selanjutnya diaduk secara mekanik dan diberi aerasi. Kompos akan masuk ke bak zona ke dua dan proses pematangan kompos dilanjutkan.

Mechanical Compost Bins

Sebuah drum khusus dibuat untuk pengomposan limbah rumah tangga.

Dari ketiga proses tersebut, pengomposan limbah padat pabrik Asam Laktat ini menggunakan *Box/Tunnel Composting System* karena alat yang digunakan didesign untuk skala besar, berteknologi tinggi dan proses pengolahan berjalan secara kontinyu.

➤ **Limbah Cair**

Dalam upaya mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah cair, maka proses pengolahan limbah wajib dilakukan sebelum limbah tersebut dibuang ke badan perairan. Salah satu sistem pengolahan limbah secara biologi

yang mengurangi kadar cemaran limbah cair industri adalah dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Istilah lumpur aktif digunakan untuk suspensi biologis atau massa mikroba yang sangat aktif mendegradasi bahan-bahan organik yang terlarut. Cara ini dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan mikroba mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa stabil dan dapat menurunkan nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD limbah sekitar 70-95 %.

Lumpur aktif juga mampu memetabolisme dan memecah zat-zat pencemar yang ada dalam limbah dan pengolahan limbah ini menggunakan lumpur (Sulistiyanto, 2003). Lumpur ini merupakan materi yang tidak larut, biasanya tersusun serat-serat organik yang kaya akan selulosa dan terhimpun kehidupan mikroorganisme (Mustofa, 2000).

Pengolahan limbah cair pada pabrik Asam Laktat:

1. *Pre-treatment*

Tujuan utama dari tahap ini adalah usaha untuk melindungi alat-alat yang ada pada instalasi pengolahan limbah. Pada tahap ini dilakukan penyaringan, penghancuran atau pemisahan air dari partikel-partikel yang dapat merusak alat-alat pengolahan limbah.

2. *Primary treatment*

Tujuan pengolahan yang dilakukan pada tahap ini adalah menghilangkan partikel-partikel padat organik dan anorganik melalui proses fisika, yakni sedimentasi.

3. *Secondary treatment*

Pada tahap ini limbah diberi mikroorganisme dengan tujuan untuk menghancurkan atau menghilangkan material organik yang masih ada pada air limbah, yaitu dengan menggunakan *activated sludge*.

4. *Sludge handling*

Mengolah lumpur yang dihasilkan dalam proses sebelumnya sehingga siap dibuang ke lingkungan.

5. *Desinfection*

Pembunuhan kuman (*desinfection*) adalah pengolahan tahap kelima, dilakukan apabila limbah cair mengandung bakteri patogen.

Pengolahan limbah cair pabrik Asam Laktat

Limbah cair yang dihasilkan dari industri dialirkan menuju tangki pertama dan kemudian, dialirkan lagi menuju tangki kedua. Di tangki kedua, limbah cair tersebut dipisahkan berdasarkan ukuran partikelnya dan disaring.

Setelah itu, air limbah dialirkan ke tangki ketiga dan mengalami penjernihan primer. Penjernihan primer pada tangki ketiga merupakan penanganan untuk membuang padatan yang mengendap. Air limbah pada lapisan atas dialirkan ke tangki aerasi yang merupakan tangki keempat. Di tangki aerasi, terdapat lumpur aktif yang berisi bakteri aerob. Proses yang terjadi pada tangki aerasi merupakan proses memasukkan udara ke dalam air yang berguna untuk pertumbuhan bakteri.

Lalu air yang bercampur lumpur aktif dialirkan ke tangki kelima dan merupakan tangki penjernihan sekunder. Di tangki kelima, bakteri yang terdapat pada lapisan atas akan mengendapkan campuran tersebut menjadi endapan lumpur. Air dan lumpur dapat dipisahkan. Air yang dihasilkan dari pengolahan tangki kelima dialirkan menuju tangki keenam yang merupakan tangki klorinasi. Di tangki keenam, ditambahkan senyawa klorin yang berfungsi untuk membunuh bakteri patogen, yaitu bakteri yang menyebabkan penyakit.

Air yang terklorinasi disalurkan menuju bantalan pasir (*sand beds*) untuk disaring kembali. Sebelum dialirkan ke sungai terdekat, air tersebut diujikan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kualitas air terhadap sungai dan lingkungan sekitarnya. Lumpur yang dihasilkan dari pengolahan tangki kelima dialirkan menuju tangki ketujuh, lalu ke tangki kedelapan yang merupakan tempat pembakaran.

BAB X

KESIMPULAN

BAB X KESIMPULAN

1. Rencana Operasi

- Pabrik Asam laktat ini direncanakan beroperasi secara continue selama 330 hari operasi/ tahun dan 24 jam/ hari.

2. Kapasitas Produksi.

- Kapasitas produksi pabrik ini sebesar 1188 ton/tahun = 3600 kg/hari.

3. Bahan Baku dan Bahan Pembantu

Bahan Baku :

- Bahan baku utama pabrik ini adalah tongkol jagung.
- Bahan baku utama yang diperlukan sebesar 9282,801 kg/hari.

Bahan Pembantu :

- H_2SO_4 4,4% : $7,623 \times 10^{-3}$ kg/hari
- H_2SO_4 5% : 1908,369 kg/hari
- Enzim selulase : 265,129 kg/hari
- Maltsprout : 104,366 kg/hari
- $(NH_4)_2HPO_4$: 69,577 kg/hari
- $Ca(OH)_2$ 10% : 1441,013 kg/hari
- *Lb. delbrueckii* : 5,374 kg/hari
- Karbon aktif : 36,330 kg/hari

4. Proses

- Proses yang digunakan pada pabrik ini adalah proses fermentasi.

5. Utilitas

- Air sanitasi : 84 m³/hari
- Air pendingin : 130,793 m³/hari
- Air umpan boiler : 13,987 m³/hari
- Air proses : 3,431 m³/hari
- Air make up : 101,910 m³/hari

6. Limbah

- Limbah padat :

Limbah padat dari rotary vacuum filter dan filter press ini sebagian besar berupa bahan organik, sehingga dapat diolah menjadi pupuk kompos, karena pada dasarnya semua bahan-bahan organik padat dapat dikomposkan, misalnya: limbah organik limbah peternakan, limbah-limbah pertanian, limbah-limbah agroindustri, limbah pabrik dan lain-lain.

- Limbah cair :

Salah satu sistem pengolahan limbah secara biologi yang mengurangi kadar cemaran limbah cair industri adalah dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Istilah lumpur aktif digunakan untuk suspensi biologis atau massa mikroba yang sangat aktif mendegradasi bahan-bahan organik yang terlarut. Cara ini dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan mikroba mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa stabil dan dapat menurunkan nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD limbah sekitar 70- 95 %.

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	m	massa	kg
2.	n	mol	mol
3.	BM	Berat molekul	kg/kmol
4.	T	Suhu	°C / °F
5.	Cp	Heat Capacity	kcal/kg°C
6.	ΔH_f	Enthalpy pembentukan	kcal/mol
7.	ΔH_R	Enthalpy reaktan	kcal
8.	ΔH_P	Enthalpy product	kcal
9.	H	Enthalpy	kcal
10.	Hv	Enthalpy vapor	kcal/kg
11.	Hl	Enthalpy liquid	kcal/kg
12.	ms	Massa steam	kg
13.	Q	Panas	kcal
14.	ρ	Densitas	gr/cm ³
15.	D	Diameter	in
16.	H	Tinggi	in
17.	P	Tekanan	Atm / psia
18.	R	Jari - jari	in
19.	ts	Tebal tangki	in
20.	C	Faktor korosi	-
21.	E	Effisiensi sambungan	-
22.	S	Tegangan maksimum yang diijinkan	-
23.	th	Tebal tutup atas	in
24.	μ	Viscositas	cp
26.	ΣF	Total friksi	-
27.	hc	Sudden contraction	ft.lbf/lbm
28.	Ff	Friction loss	ft. lbf/lbm
29.	h _{ex}	Sudden ekspansion	ft. lbf/lbm
30.	gc	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s ²

DAFTAR PUSTAKA

- Badger, 1957, "Introduction to Chemical Engineering" Mc Graw Hill International Book Company
- Brownell, E. Lloyd and Young, H. Edwin, "Process Equipment Design", First Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1959.
- Crueger, Wulf dan Crueger, Anneliese, "Biotechnology : A Textbook of Industrial Microbiology", Sinauer Associates, Inc, 1984.
- Geankoplis, J. Christie, "Transport Processes And Unit Operations", Third Edition, 1997, Prentice Hall of India, New Delhi.
- Gumbira, Said, "Bioindustri: Penerapan Teknologi Fermentasi", PT Wediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1987.
- Gumbira, E. Said. "Teknologi Fermentasi", PT. Melton Putra. Jakarta, 1987.
- Himmelblau, M. David, "Basic Principles And Calculation in Chemical Engineering", Fifth Edition, Prentice-Hall International, Inc.
- Hougen, A. Olaf, "Chemical Process Principles", Part I : Material And Energy Balance, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Hugot, E, "Handbook of Cane Sugar", 1972, Second Edition, Elsevier Publishing Company, New York.
- Jankowska, Helena, "Active Carbon", New York, 1991.
- Kent, James A. 1983. "Riegel's Handbook of Industrial Chemistry". Eight Edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Kern, Q. Donald, "Process Heat Transfer", 1988, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kitani, Osamu, and Hall, W. Carl, "Biomass Handbook", Gordon And Breach Science Publishers, New York.
- Kusno, Budhikarjono, 1996, "Alat Industri Kimia", Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya.

- Levenspiel, Octave, 1972, " *Chemical Reaction Engineering*", New York.
- Lawrence, A.A., "Food Acid Manufacture", Noyes Data Corporation, London, 1974.
- Othmer, Kirk. 1978. " *Encyclopedia of Chemical Technology*".
- Perry, Robert H. 1997. " *Perry's Chemical Engineer's Handbook*". Seventh Edition. McGraw-Hill Book Company Inc. New York.
- Peters, S. Max and Timmerhaus, D. Klaus, " *Plant Design And Economics For Chemical Engineers*", Fourth Edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Prescott, C.S, Dunn, C.G., "Industrial Microbiology", 3th Edition, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York, 1959.
- Riegel's, " *Handbook of Industrial Chemistry*", Eight Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Treybal, Robert, 1981, " *Mass-Transfer Operation*", Mc Graw Hill International Edition.
- Ullmann's, " *Encyclopedia of Industrial Chemistry*", Sixth. Completely Revised Edition Volume 12.
- Ulrich, D. Gael, " *A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*".
- Vilbrandt, F.C, Dryden, C.E., "Chemical Engineering Plant Design", 4th Edition, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd, Tokyo, 1959.

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



LAMPIRAN

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS



ITS

APPENDIKS A NERACA MASSA

Kapasitas : 1188 ton/tahun
 : 3600 kg/hari.
 Waktu operasi : Satu tahun = 330 hari kerja.
 Basis waktu : 1 hari produksi.
 Satuan massa : kg.
 Bahan baku : 9282,801 kg/hari

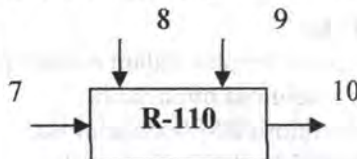
Komposisi bahan baku tongkol jagung :

Komposisi	Kadar (%)	Komposisi (kg)
Selulosa	45%	4177,260
Hemiselulosa	35%	3248,980
Lignin	15%	1392,420
Ash	5%	464,140
Jumlah	100%	9282,801

(Klass, L. D., hal. 268)

A-1. Reaktor Pre Hidrolisa (R-110)

Fungsi : Tempat terjadinya hidrolisa hemiselulosa menjadi xylose menggunakan katalis larutan asam sulfat 4,4%.
 (Ullman's, vol 12, hal 440)

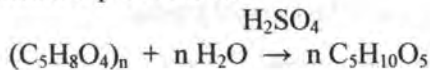


Aliran <7> : Bahan masuk dari Hopper :

Komposisi	Massa (kg)
Selulosa	4177,260
Hemiselulosa	3248,980
Lignin	1392,420
Ash	464,140
Jumlah	9282,801

Aliran <8>

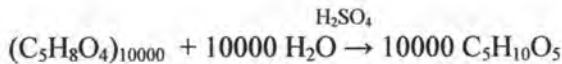
Reaksi di Reaktor pre hidrolisa :



Dimana $n = 10000$

Yield sebesar : 94 %. (*Ullman's, vol 12, hal 440*)

Sehingga reaksi dalam reaktor pre hidrolisa menjadi :



BM hemiselulosa = 132 kg/kmol.

BM xylose = 150 kg/kmol.

BM H₂O = 18 kg/kmol.

$$\text{Yield} = \frac{\text{produk}}{\text{bahan baku (hemiselulosa)}}$$

$$0,94 = \frac{\text{produk}}{3248,980}$$

$$\text{Produk} = 3054,041 \text{ kg}$$

- Menghitung jumlah mol reaksi dalam reaktor pre hidrolisa:

1. Jumlah mol hemiselulosa mula-mula:

$$= \text{massa hemiselulosa/BM hemiselulosa}$$

$$= 3248,980 \text{ kg}/(132 \times 10000) \text{ kg/kmol}$$

$$= 2,461 \times 10^{-3} \text{ kmol}$$

2. Jumlah mol H₂O mula-mula

$$= x \text{ kmol}$$

$$= 20,360 \text{ kmol}$$

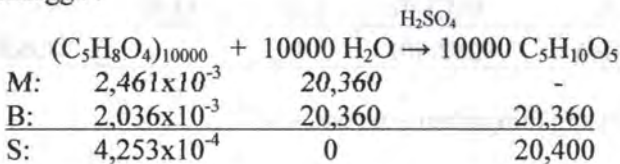
3. Jumlah mol xylose terbentuk:

$$= \text{massa xylose} / \text{BM xylose}$$

$$= 3054,041 \text{ kg} / (150 \text{ kg/kmol})$$

$$= 20,360 \text{ kmol}$$

Sehingga :



• Menghitung massa akhir reaksi dalam reaktor pre hidrolisa :

1. Massa hemiselulosa sisa:

$$= \text{kmol hemiselulosa sisa} \times \text{BM hemiselulosa}$$

$$= 4,253 \times 10^{-4} \text{ kmol} \times (132 \times 10000) \text{ kg/kmol}$$

$$= 561,424 \text{ kg}$$

2. Massa H₂O sisa:

$$= \text{kmol H}_2\text{O sisa} \times \text{BM H}_2\text{O}$$

$$= 0 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0 \text{ kg}$$

3. Massa xylose yang terbentuk:

$$= \text{kmol xylosa yang terbentuk} \times \text{BM xylosa}$$

$$= 20,360 \text{ kmol} \times 150 \text{ kg/kmol}$$

$$= 3054,041 \text{ kg}$$

Aliran <9> : Penambahan H₂SO₄

pH bahan masuk = 7 , M₁ = 10⁻⁷

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi	Densitas (kg/l)	Volume (l)
Selulosa	4177,260	0,45	1,300	3213,277
Hemiselulosa	3248,980	0,35	1,038	3130,039
Lignin	1392,420	0,15	1,350	1031,422
Ash	464,140	0,05	0,640	464,140
Jumlah	9282,801	1		7838,878

pH akhir yang diinginkan = 6 , M₃ = 10⁻⁶

BM H₂SO₄ = 98 kg/kmol

ρ H₂SO₄ 4,4% = 1,028 kg/l

ρ H₂O = 0,996 kg/l

Menghitung konsentrasi H₂SO₄ 4,4%

$$M_2 = \frac{\rho \times \% \times 10}{\text{BM}}$$

$$= \frac{1,028 \times 4,4 \times 10}{98}$$

$$= 0,462 \text{ M}$$

$$N_2 = M_2 \times e$$

$$N_2 = 0,462 \times 2$$

$$N_2 = 0,923 \text{ N}$$

Menghitung konsentrasi H₂SO₄ 4,4% untuk mendapatkan pH = 6 :

$$V_1 \cdot N_1 + V_2 \cdot N_2 = V_3 \cdot N_3$$

$$V_1 \cdot N_1 + V_2 \cdot N_2 = (V_1 + V_2) \cdot N_3$$

$$7838,878 \cdot 10^{-7} + V_2 \cdot 0,923 = (7838,878 + V_2) \cdot 10^{-6}$$

$$V_2 = 7,643 \times 10^{-3} \text{ liter}$$

Dimana:

V_1 = volume awal larutan

V_2 = volume larutan H_2SO_4 4,4%

V_3 = volume akhir larutan ($V_1 + V_2$)

M_1 = konsentrasi awal larutan

M_2 = konsentrasi larutan H_2SO_4 4,4%

M_3 = konsentrasi larutan akhir

- Volume H_2O yang terkandung dalam larutan H_2SO_4 4,4% adalah 95,6%, sehingga :

$$= \frac{95,6}{100} \times V_2$$

$$= \frac{95,6}{4,4} \times 7,643 \times 10^{-3} \text{ liter}$$

$$= 7,306 \times 10^{-3} \text{ liter}$$

- Volume H_2SO_4 yang terkandung dalam larutan H_2SO_4 4,4% adalah

$$= \frac{4,4}{100} \times V_2$$

$$= \frac{4,4}{100} \times 7,643 \times 10^{-3} \text{ liter}$$

$$= 3,363 \times 10^{-4} \text{ liter}$$

- Massa H_2SO_4 dalam larutan H_2SO_4 4,4%:

$$\begin{aligned} \text{Massa } H_2SO_4 &= \rho_{H_2SO_4} 4,4\% \times V_{H_2SO_4} \\ &= 1,028 \text{ kg/l} \times 3,363 \times 10^{-4} \text{ liter} \\ &= 3,457 \times 10^{-4} \text{ kg} \end{aligned}$$

- Massa H_2O dalam larutan H_2SO_4 4,4%

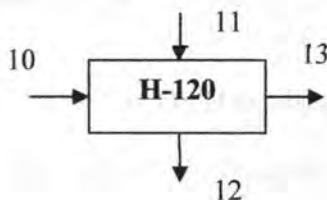
$$\begin{aligned} \text{Massa } H_2O &= \rho_{H_2O} \times V_{air} \\ &= 0,996 \text{ kg/l} \times 7,306 \times 10^{-3} \text{ liter} \\ &= 7,277 \times 10^{-3} \text{ kg} \end{aligned}$$

Neraca Massa di Reaktor Pre Hidrolisa :

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <7>		Aliran <10>	
Selulosa	4177,260	Selulosa	4177,260
Hemiselulosa	3248,980	Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420	Lignin	1392,420
Ash	464,140	Ash	464,140
	9282,801	H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$
		H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$
		Xylose	3054,041
Aliran <8>			
H ₂ O	366,485		
Aliran <9>			
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$		
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$		
	0,008		
Jumlah	9649,293	Jumlah	9649,293

A-2. Rotary Vacuum Filter (H-120)

Fungsi : untuk memisahkan cake yang akan menuju ke reaktor hidrolisa dan filtrat yang akan menuju ke *liquid waste*.



Diketahui :

1. Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake.

2. Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikat cake.
3. Massa air pencuci 20-25% dari total cake keluar.
(Hugot, hal. 477)

Aliran <10>

Bahan masuk dari Pre Hidrolisa :

Komposisi	Massa (kg)
Selulosa	4177,260
Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420
Ash	464,140
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$
Xylose	3054,041
Jumlah	9649,293

Komposisi filtrat:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$	$2,383 \times 10^{-6}$
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$	$1,132 \times 10^{-7}$
Xylose	3054,041	$9,99998 \times 10^{-1}$
Jumlah	3054,049	1

Komposisi cake:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
Selulosa	4177,260	0,633
Hemiselulosa	561,424	0,085
Lignin	1392,420	0,211
Ash	464,140	0,070
Jumlah	6595,244	1

- Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake
 = $0,5\% \times 6595,244 \text{ kg}$
 = 32,976 kg
- Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.
 = $3054,049 \text{ kg} - 32,976 \text{ kg}$
 = 3021,073 kg

Komposisi filtrat terikut cake:

H_2O = fraksi H_2O x massa filtrat terikut cake

$$= 2,383 \times 10^{-6} \text{ kg} \times 32,976 \text{ kg}$$

$$= 7,858 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

H_2SO_4 = fraksi H_2SO_4 x massa filtrat terikut cake

$$= 1,132 \times 10^{-7} \text{ kg} \times 32,976 \text{ kg}$$

$$= 3,733 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

Xylose = fraksi Xylose x massa filtrat terikut cake

$$= 9,99998 \times 10^{-1} \text{ kg} \times 32,976 \text{ kg}$$

$$= 32,976 \text{ kg}$$

Komposisi cake yang dipisahkan:

Selulosa = massa mula-mula selulosa

$$= 4177,260 \text{ kg}$$

Hemiselulosa = massa mula-mula Hemiselulosa

$$= 561,424 \text{ kg}$$

Lignin = massa mula-mula Lignin
= 1392,420 kg

Ash = massa mula-mula Ash
= 464,140 kg

Aliran <12>**Komposisi filtrat keluar:**

H_2O = massa H_2O mula-mula – massa filtrat terikut cake
= $7,277 \times 10^{-3}$ kg - $7,858 \times 10^{-5}$ kg
= $7,199 \times 10^{-3}$ kg

H_2SO_4 = massa H_2SO_4 mula-mula – massa filtrat terikut cake
= $3,457 \times 10^{-4}$ kg - $3,733 \times 10^{-6}$ kg
= $3,420 \times 10^{-4}$ kg

Xylose = massa Xylose mula-mula – massa filtrat terikut cake
= 3054,041 kg - 32,976 kg
= 3021,065 kg

Aliran <13>

Massa total cake keluar = massa cake yang dipisahkan + massa filtrat terikut cake
= 6595,244 kg + 32,976 kg
= 6628,220 kg

Aliran <11>

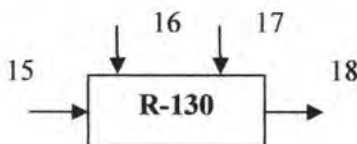
- Massa air pencuci = 20% dari massa total cake keluar
= 20% x 6628,220 kg
= 1325,644 kg

Neraca massa di Rotary Vacuum Filter :

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <10>		Aliran <12>	
Selulosa	4177,260	H ₂ O	$7,199 \times 10^{-3}$
Hemiselulosa	561,424	H ₂ SO ₄	$3,420 \times 10^{-4}$
Lignin	1392,420	Xylose	3021,065
Ash	464,140	Air pencuci	1325,644
H ₂ O	$7,277 \times 10^{-3}$		3021,073
H ₂ SO ₄	$3,457 \times 10^{-4}$		
Xylose	3054,041	Aliran <13>	
	9649,293	Selulosa	4177,260
Aliran <11>		Hemiselulosa	561,424
Air pencuci	1325,644	Lignin	1392,420
		Ash	464,140
		H ₂ O	$7,858 \times 10^{-5}$
		H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$
		Xylose	32,976
			6628,220
Jumlah	10974,937	Jumlah	10974,937

A-3. Reaktor Hidrolisa (R-130)

Fungsi : Tempat terjadinya hidrolisa selulosa menjadi glukosa menggunakan katalis enzim selulase.



Aliran <15>

Bahan masuk dari RVF:

Komposisi	Massa (kg)
Selulosa	4177,260
Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420
Ash	464,140
H ₂ O	7,858x10 ⁻⁵
H ₂ SO ₄	3,733x10 ⁻⁶
Xylose	32,976
Jumlah	6628,220

Aliran <17> : Penambahan enzim

 Enzim selulase bekerja pada pH 6. (*Ulmann's, hal. 112*)

Enzim selulase yg ditambahkan sekitar 0,4% dari bahan masuk.

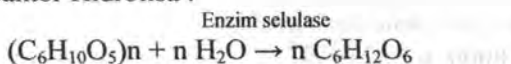
 (*Uhlig, hal. 374*)

$$= 0,04 \times 6628,220 \text{ kg}$$

$$= 265,129 \text{ kg}$$

Aliran <16>

Reaksi pada Reaktor Hidrolisa :


 Diambil $n = 10000$ (*Ulmann's, hal. 438*)

 Konversi reaksi untuk selulosa sebesar 90%. (*Osamu, hal.351*)

Sehingga reaksi menjadi :



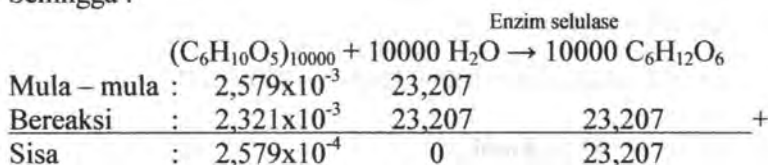
BM selulosa = 162 kg/kmol.

 BM H₂O = 18 kg/kmol.

BM glukosa = 180 kg/kmol.

- Menghitung jumlah mol reaksi dalam reaktor hidrolisa :
 1. Jumlah mol selulosa mula – mula :
 - = massa selulosa / BM selulosa
 - = $(4177,260 \text{ kg}) / (162 \times 10000 \text{ kg/kmol})$
 - = $2,579 \times 10^{-3} \text{ kmol}$
 2. Jumlah mol selulosa bereaksi :
 - = $0,90 \times 2,579 \times 10^{-3}$
 - = $2,321 \times 10^{-3} \text{ kmol}$
 3. Jumlah mol selulosa sisa :
 - = (mol selulosa mula – mula) – (mol selulosa bereaksi)
 - = $2,579 \times 10^{-3} \text{ kmol} - 2,321 \times 10^{-3} \text{ kmol}$
 - = $2,579 \times 10^{-4} \text{ kmol}$
 4. Jumlah mol H₂O mula – mula :
 - = x kmol
 - = 23,207 kmol
 5. Jumlah mol H₂O bereaksi :
 - = n x mol selulosa bereaksi
 - = $10000 \times 2,321 \times 10^{-3} \text{ kg}$
 - = 23,207 kmol
 6. Jumlah mol H₂O sisa :
 - = (mol H₂O mula – mula) – (mol H₂O bereaksi)
 - = 23,207 kmol - 23,207 kmol
 - = 0 kmol
 7. Jumlah mol glukosa yang terbentuk :
 - = n x mol selulosa bereaksi
 - = $10000 \times 2,321 \times 10^{-3}$
 - = 23,207 kmol

Sehingga :



- Menghitung massa dalam reaktor hidrolisa :
 1. Massa selulosa mula – mula :
 - = kmol selulosa x BM selulosa
 - = $(2,579 \times 10^{-3} \text{ kmol}) \times (162 \times 10000 \text{ kg/kmol})$
 - = 4177,260 kg
 2. Massa selulosa bereaksi :
 - = kmol selulosa bereaksi x BM
 - = $2,321 \times 10^{-3} \text{ kmol} \times (162 \times 10000 \text{ kg/kmol})$
 - = 3759,534 kg
 3. Massa selulosa sisa :
 - = (massa selulosa mula – mula) – massa selulosa bereaksi
 - = 4177,260 kg – 3759,534 kg
 - = 417,726 kg
 4. Massa H₂O mula – mula :
 - = kmol H₂O mula-mula x BM H₂O
 - = 23,207 kmol x (18 kg/kmol)
 - = 417,726 kg
 5. Massa H₂O bereaksi :
 - = kmol H₂O bereaksi x BM H₂O
 - = 23,207 kmol x (18 kg/kmol)
 - = 417,726 kg
 6. Massa H₂O sisa :
 - = (massa H₂O mula – mula) – (massa H₂O bereaksi)
 - = 417,726 kg – 417,726 kg
 - = 0 kg
 7. Massa glukosa yang terbentuk :
 - = kmol glukosa x BM glukosa
 - = 23,207 kmol x (180 kg/kmol)
 - = 4177,260 kg

Kandungan glukosa optimum pada saat fermentasi adalah 5 – 20%. (*Prescott and Dunn, hal 306*). Diambil kandungan glukosa 15%. Sedangkan kandungan glukosa di dalam reaktor hidrolisa adalah 57%, sehingga diperlukan H₂O tambahan sebagai air pengencer.

Misal : H₂O yang ditambahkan = N

$$15\% = \frac{\text{massa glukosa mula} - \text{mula}}{\text{massa larut tan sebelum pengenceran} + N} \times 100\%$$

$$\frac{4177,260}{7311,075 + N} \times 100\% = 15\%$$

$$N = \left(\frac{4177,260 \times 100\%}{15\%} \right) - 7311,075$$

$$N = 20352,900 \text{ kg}$$

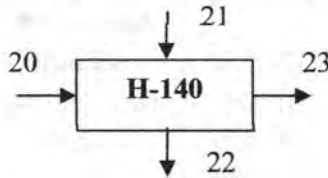
$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O keluar} &= \text{H}_2\text{O masuk fermentor} + \text{H}_2\text{O pengenceran} \\ &= 7,858 \times 10^{-5} \text{ kg} + 20352,900 \text{ kg} \\ &= 20352,900 \text{ kg} \end{aligned}$$

Neraca massa Reaktor Hidrolisa :

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <15>		Aliran <18>	
Selulosa	4177,260	Selulosa	417,726
Hemiselulosa	561,424	Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420	Lignin	1392,420
Ash	464,140	Ash	464,140
H ₂ O	$7,858 \times 10^{-5}$	H ₂ O	20352,900
H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$	H ₂ SO ₄	$3,733 \times 10^{-6}$
Xylose	32,976	Xylose	32,976
	6628,220	Glukosa	4177,260
		Enzim selulase	265,129
Aliran <16>			27663,975
H ₂ O (water process)	417,726		
H ₂ O (pengenceran)	20352,900		
	20770,626		
Aliran <17>			
Enzim selulase	265,129		
Jumlah	27663,975	Jumlah	27663,975

A-4. Rotary Vacuum Filter (H-140)

Fungsi: untuk memisahkan filtrat yang akan menuju tangki sterilisasi dan cake yang akan menuju *solid waste*.



Diketahui :

1. Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake.
2. Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.
3. Massa air pencuci 20-25% dari total cake keluar.

(Hugot, hal. 477)

Aliran <20>

Bahan masuk dari Heater :

Komposisi	Massa (kg)
Selulosa	417,726
Hemiselulosa	561,424
Lignin	1392,420
Ash	464,140
H ₂ O	20352,900
H ₂ SO ₄	3,733x10 ⁻⁶
Xylose	32,976
Glukosa	4177,260
Enzim selulase	265,129
Jumlah	27663,975

Komposisi filtrat:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
H ₂ O	20352,900	0,829
H ₂ SO ₄	3,733x10 ⁻⁶	1,520x10 ⁻¹⁰
Xylose	32,976	1,343x10 ⁻³
Glukosa	4177,260	0,170
Jumlah	24563,136	1

Komposisi cake:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
Selulosa	417,726	0,135
Hemiselulosa	561,424	0,181
Lignin	1392,420	0,449
Ash	464,140	0,150
Enzim selulase	265,129	0,086
Jumlah	3100,839	1

- Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake
 = 0,5% x 3100,839 kg
 = 15,504 kg
- Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.
 = 24563,136 kg - 15,504 kg
 = 24547,632 kg

Komposisi filtrat terikut cake:

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{fraksi H}_2\text{O} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 0,829 \text{ kg} \times 15,504 \text{ kg} \\ &= 12,847 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{fraksi H}_2\text{SO}_4 \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 1,520 \times 10^{-10} \text{ kg} \times 15,504 \text{ kg} \\ &= 2,356 \times 10^{-9} \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Xylose} &= \text{fraksi Xylose} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 1,343 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 15,504 \text{ kg} \\ &= 0,021 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Glukosa} &= \text{fraksi Glukosa} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 0,170 \text{ kg} \times 15,504 \text{ kg} \\ &= 2,637 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi cake yang dipisahkan:

$$\begin{aligned} \text{Selulosa} &= \text{massa mula-mula selulosa} \\ &= 417,726 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hemiselulosa} &= \text{massa mula-mula Hemiselulosa} \\ &= 561,424 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lignin} &= \text{massa mula-mula Lignin} \\ &= 1392,420 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash} &= \text{massa mula-mula Ash} \\ &= 464,140 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Enzim selulase} &= \text{massa mula-mula Enzim selulase} \\ &= 265,129 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aliran <22>

Komposisi filtrat keluar:

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{massa H}_2\text{O mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 20352,900 \text{ kg} - 12,847 \text{ kg} \\ &= 20340,053 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{massa H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 3,733 \times 10^{-6} \text{ kg} - 2,356 \times 10^{-9} \text{ kg} \\ &= 3,730 \times 10^{-6} \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Xylose} &= \text{massa Xylose mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 32,976 \text{ kg} - 0,021 \text{ kg} \\ &= 32,955 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Glukosa} &= \text{massa Glukosa mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 4177,260 \text{ kg} - 2,637 \text{ kg} \\ &= 4174,624 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aliran <23>

$$\begin{aligned}\text{Massa total cake keluar} &= \text{massa cake yang dipisahkan} + \text{massa} \\ &\quad \text{filtrat terikat cake} \\ &= 3100,839 \text{ kg} + 15,504 \text{ kg} \\ &= 3116,343 \text{ kg}\end{aligned}$$

Aliran <21>

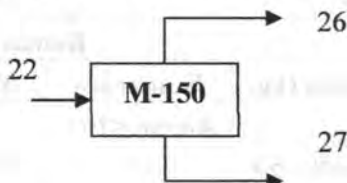
- Massa air pencuci = 20% dari massa total cake keluar
= $20\% \times 3116,343 \text{ kg}$
= 623,269 kg

Neraca Massa di Rotary Vacuum Filter :

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <20>		Aliran <22>	
Selulosa	417,726	H ₂ O	20340,053
Hemiselulosa	561,424	H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁶
Lignin	1392,420	Xylose	32,955
Ash	464,140	Glukosa	4174,624
H ₂ O	20352,900	Air pencuci	623,269
H ₂ SO ₄	3,733x10 ⁻⁶		24547,632
Xylose	32,976		
Glukosa	4177,260	Aliran <23>	
Enzim selulase	265,129	Selulosa	417,726
	27663,975	Hemiselulosa	561,424
		Lignin	1392,420
Aliran <21>		Ash	464,140
Air pencuci	623,269	H ₂ O	12,847
		H ₂ SO ₄	2,356x10 ⁻⁹
		Xylose	0,021
		Glukosa	2,637
		Enzim selulase	265,129
			3116,343
Jumlah	28287,244	Jumlah	28287,244

A-5. Tangki Sterilisasi (M-150)

Fungsi : Tempat untuk mensterilkan medium dari mikroorganisme yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu proses fermentasi.



Diketahui :

Media untuk Reaktor *Starter* = 10%. (Prescott and Dunn, hal 318)

Sehingga, media untuk Fermentor = 90%

Aliran <22>

Bahan yang masuk dari RVF :

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	20340,053
H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁶
Xylose	32,955
Glukosa	4174,624
Jumlah	24547,632

Aliran <26>

Bahan yang keluar ke Reaktor *Starter*:

H₂O = 10% x 20340,053 kg = 2034,005 kg

H₂SO₄ = 10% x 3,730x10⁻⁶ kg = 3,730x10⁻⁷ kg

Xylose = 10% x 32,955 kg = 3,296 kg

Glukosa = 10% x 4174,624 kg = 417,462 kg

Aliran <27>

Bahan yang keluar ke fermentor :

H₂O = 90% x 20340,053 kg = 18306,048 kg

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 90\% \times 3,730 \times 10^{-6} \text{ kg} = 3,357 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$\text{Xylose} = 90\% \times 32,955 \text{ kg} = 29,660 \text{ kg}$$

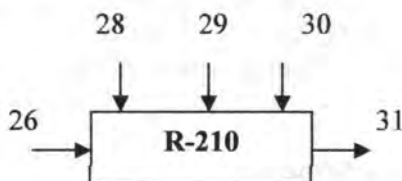
$$\text{Glukosa} = 90\% \times 4174,624 \text{ kg} = 3757,161 \text{ kg}$$

Neraca Massa di Tangki Sterilisasi :

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <22>		Aliran <26>	
H ₂ O	20340,053	H ₂ O	2034,005
H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁶	H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁷
Xylose	32,955	Xylose	3,296
Glukosa	4174,624	Glukosa	417,462
	24547,632		2454,763
		Aliran <27>	
		H ₂ O	18306,048
		H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶
		Xylose	29,660
		Glukosa	3757,161
			22092,869
Jumlah	24547,632	Jumlah	24547,632

A-6. Reaktor Starter (R-210)

Fungsi : Tempat untuk membiakkan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* sesuai dengan medianya.



Aliran <26>

Bahan yang masuk dari tangki sterilisasi :

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	2034,005
H ₂ SO ₄	3,730x10 ⁻⁷
Xylose	3,296
Glukosa	417,462
Jumlah	2454,763

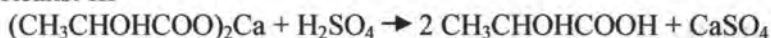
Reaksi I



Reaksi II 2



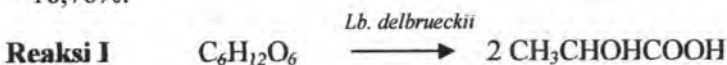
Reaksi III



BM Glukosa	=	180 kg/kmol
BM H ₂ O	=	18 kg/kmol
BM Ca(OH) ₂	=	74 kg/kmol
BM Asam Laktat	=	90 kg/kmol
BM Calcium Laktat	=	218 kg/kmol
BM H ₂ SO ₄	=	98 kg/kmol
BM CaSO ₄	=	136,07 kg/kmol

Yield asam laktat berdasarkan glukosa adalah 93,8% dan akan tercapai dalam waktu 5 hari (*Prescott and Dunn, hal 318*).

Sedangkan di Reaktor *Starter* waktu tinggal hanya 1 hari, dengan asumsi bahwa fungsi yield terhadap waktu fermentasi adalah linier maka yield asam laktat untuk 1 hari adalah 93,8% : 5 = 18,76%.



$$\begin{aligned}
 \text{Glukosa mula-mula} &= \frac{\text{Massa glukosa}}{\text{BM glukosa}} \\
 &= \frac{417,462 \text{ kg}}{180 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 2,319 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asam laktat terbentuk} &= 2 \times 2,319 \text{ kmol} \\
 &= 4,638 \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol} \\
 &= 417,462 \text{ kg} \times \frac{18,76}{100} \\
 &= 78,316 \text{ kg} / (90 \text{ kg/kmol}) \\
 &= 0,870 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Glukosa sisa} &= \text{glukosa mula-mula} - \text{asam laktat yang terbentuk} \\
 &= 417,462 \text{ kg} - 78,316 \text{ kg} \\
 &= 339,146 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Reaksi II



Mula-mula	0,870	x	-	-
Bereaksi	2x	x	x	2x
Sisa	0,870 - 2x	-	x	2x

$$\begin{aligned}
 \text{Asam laktat sisa} &= 0,870 - 2x \text{ kmol} \\
 \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ yang ditambahkan} &= x \text{ kmol} \\
 \text{Calcium laktat terbentuk} &= x \text{ kmol} \\
 \text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= 2x \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

pH optimum = 6 (*Prescott and Dunn, hal 307*)

$$[\text{H}^+] = 10^{-6}$$

$$K_a = 1,8 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = K_a \times \frac{\text{sis asam}}{\text{sis garam}}$$

$$10^{-6} = 1,8 \times 10^{-5} \frac{0,870 - 2x}{x}$$

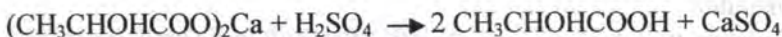
$$x = 0,423 \text{ kmol}$$

Aliran <29>

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui nilai :

1. Asam laktat tersisa = $0,870 - 2(0,423) \text{ kmol}$
 $= 0,024 \text{ kmol} \times (90 \text{ kg/kmol})$
 $= 2,117 \text{ kg}$
2. Larutan yang ditambahkan mengandung 10% Ca(OH)_2 .
 Larutan Ca(OH)_2 10% yang ditambahkan
 $= 0,423 \text{ kmol} \times 74 \text{ kg/kmol}$
 $= 31,326 \text{ kg}$
 - Ca(OH)_2 dalam larutan Ca(OH)_2 10%.
 $= \frac{10}{100} \times 31,326 \text{ kg} = 3,133 \text{ kg}$
 - H_2O dalam larutan Ca(OH)_2 10%
 $= \frac{90}{100} \times 31,326 \text{ kg} = 28,194 \text{ kg}$
3. Calcium laktat terbentuk
 $= 0,423 \text{ kmol} \times 218 \text{ kg/kmol}$
 $= 92,286 \text{ kg}$
4. H_2O yang terbentuk
 $= 2 \times 0,423 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol} = 15,240 \text{ kg}$

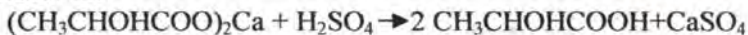
Reaksi III



Jumlah mol H_2SO_4 masuk tangki kultur

$$= 3,730 \times 10^{-7} \text{ kg} / (98 \text{ kg/kmol})$$

$$= 3,804 \times 10^{-9} \text{ kmol}$$

**Reaksi III**

M:	0,423	$3,804 \times 10^{-9}$	-	-
R:	$3,804 \times 10^{-9}$	$3,804 \times 10^{-9}$	$7,607 \times 10^{-9}$	$3,804 \times 10^{-9}$
S:	0,423	0	$7,607 \times 10^{-9}$	$3,804 \times 10^{-9}$

Dari hasil diatas, didapat diketahui nilai:

1. Calsium laktat sisa = $0,423 \text{ kmol} \times 218 \text{ kg/kmol} = 92,286 \text{ kg}$
2. H_2SO_4 sisa = 0 kmol
3. Asam laktat yang terbentuk = $7,607 \times 10^{-9} \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol}$
 = $6,847 \times 10^{-7} \text{ kg}$
 Total asam laktat = pada reaksi II + pada reaksi III
 = $2,117 \text{ kg} + 6,847 \times 10^{-7} \text{ kg}$
 = $2,117 \text{ kg}$
4. CaSO_4 yg terbentuk = $3,804 \times 10^{-9} \text{ kmol} \times 136,07 \text{ kg/kmol}$
 = $5,176 \times 10^{-7} \text{ kg/kmol}$
 Total H_2O = H_2O masuk tangki kultur + H_2O yang pada reaksi II
 = $2034,005 \text{ kg} + 15,240 \text{ kg}$
 = $2049,245 \text{ kg}$

Aliran <28>**Penambahan nutrient :**

Nutrient yang ditambahkan berupa malt sprout dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dengan perbandingan (Prescott and Dunn, hal 314)

Glukosa	:	Malt Sprout	:	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
15%	:	0,375%	:	0,25%

Diketahui :

Media untuk Reaktor Starter = 10%. (Prescott and Dunn, hal 318)
 Sehingga, media untuk Fermentor = 90%

$$\begin{aligned}
 \text{Malt sprout} &= \frac{0,375\%}{15\%} \times 417,462 \text{ kg} \\
 &= 10,437 \text{ kg} \\
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \frac{0,25\%}{15\%} \times 417,462 \text{ kg} \\
 &= 6,958 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Komposisi nutrient	Massa bahan (kg)
Malt Sprout	10,437
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,958
Total	17,394

Menghitung volume larutan:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi	ρ (kg/l)	Volume (liter)
H ₂ O	2034,005	0,823	0,994	2046,283
H ₂ SO ₄	$3,730 \times 10^{-7}$	$1,509 \times 10^{-10}$	1,018	$3,664 \times 10^{-7}$
Xylose	3,296	$1,333 \times 10^{-3}$	1,535	2,147
Glukosa	417,462	0,169	1,544	270,377
Malt sprout	10,437	$4,222 \times 10^{-3}$	0,160	65,228
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,958	$2,814 \times 10^{-3}$	1,614	4,311
Jumlah	2472,157	1		2388,346

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas larutan} &= \frac{\text{massa larutan}}{\text{volume larutan}} \\
 &= \frac{2472,157 \text{ kg}}{2388,346 \text{ liter}} \\
 &= 1,035 \text{ kg/l} = 1035,092 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume larutan} = 2388,346 \text{ liter} = 2,388 \text{ m}^3$$

Penambahan bakteri (*Lactobacillus delbrueckii*) :
Aliran <30>

Volume bakteri *Lactobacillus Delbrueckii* yang ditambahkan untuk proses fermentasi sebesar 5% dari volume larutan. (Said, Gumbira., hal 158)

$$\begin{aligned} \text{Volume bakteri} &= 5\% \times \text{volume larutan} \\ &= 5\% \times 2388,346 \text{ liter} \\ &= 119,417 \text{ liter} = 0,119 \text{ m}^3 \\ \text{Densitas bakteri} &= 0,045 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa bakteri} &= \text{densitas bakteri} \times \text{volume bakteri} \\ &= 0,045 \text{ kg/l} \times 119,417 \text{ liter} = 5,374 \text{ kg} \\ \text{Volume total larutan} &= \text{volume larutan} + \text{volume bakteri} \\ &= 2,388 \text{ m}^3 + 0,119 \text{ m}^3 = 2,508 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dalam tangki kultur terjadi pengembangbiakan bakteri *Lactobacillus Delbrueckii* selama 1 hari dan diasumsikan tidak ada bakteri yang mati. Maka untuk menghitung pertumbuhan bakteri digunakan persamaan *Monod*.

$$\mu = \frac{\mu_m \times S}{k_s + S} \quad (\text{Said, Gumbira, E, hal. 109})$$

Dimana:

S = konsentrasi substrat

μ = rate pertumbuhan spesifik bakteri (jam^{-1})

μ_m = rate pertumbuhan spesifik bakteri maks ($0,41 \text{ jam}^{-1}$)

k_s = konsentrasi jenuh substrat = $22 \text{ mg/l} = 0,22 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\text{konsentrasi (substrat glukosa)}}{\text{volume larutan}} \\ &= \frac{417,462 \text{ kg}}{2,508 \text{ m}^3} = 166,468 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

(Sa'id, Gumbira, hal 110)

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\mu_m \times S}{K_s + S} \quad (\text{Sa'id, Gumbira, hal 109}) \\ &= \frac{0,41 \times 166,468}{0,22 + 166,468} = 0,409 \text{ jam}^{-1}\end{aligned}$$

Menghitung kecepatan tumbuh bakteri (R_v)

$$X_{v0} = \frac{\text{massa bakteri}}{\text{volume total larutan}} = \frac{5,374 \text{ kg}}{2,508 \text{ m}^3} = 2,143 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$R_v = \mu \times X_{v0}$$

$$R_v = 0,409 \text{ jam}^{-1} \times 2,143 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,877 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ jam}}$$

Pertumbuhan bakteri dilakukan selama 24 jam (1 hari) :

$$X_{vt} = 24 \times R_v$$

$$= 24 \text{ jam} \times 0,877 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ jam}}$$

$$= 21,058 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Bakteri tumbuh = $X_{vt} \times \text{Volume total larutan}$

$$= 21,058 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,508 \text{ m}^3$$

$$= 52,808 \text{ kg}$$

Dimana : X_{v0} = konsentrasi bakteri mula-mula

R_v = kecepatan tumbuh bakteri

X_{vt} = kecepatan tumbuh bakteri selama 24 jam

Total bakteri = bakteri tumbuh + bakteri masuk

$$= (52,808 + 5,374) \text{ kg}$$

$$= 58,182 \text{ kg}$$

Glukosa sisa = 339,146 kg

Glukosa yang dikonsumsi bakteri

$$\begin{aligned}
 &= \text{massa glukosa mula-mula} - \text{massa glukosa sisa} \\
 &= (417,462 - 339,146) \text{ kg} \\
 &= 78,316 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Asumsi semua glukosa sisa dikonsumsi oleh bakteri untuk berkembangbiak.

Biomass yang terbentuk

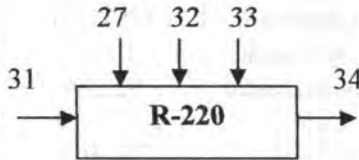
$$\begin{aligned}
 &= \text{maltsprout} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{bakteri masuk} + \text{glukosa dikonsumsi} \\
 &= (10,437 + 6,958 + 5,374 + 339,146) \text{ kg} \\
 &= 361,914 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Reaktor Starter:

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <26>		Aliran <31>	
H ₂ O	2034,005	H ₂ O	2049,245
H ₂ SO ₄	$3,730 \times 10^{-7}$	Xylose	3,296
Xylose	3,296	Asam laktat	2,117
Glukosa	417,462	Calcium laktat	92,286
	2454,763	CaSO ₄	$5,176 \times 10^{-7}$
Aliran <28>		Biomass	361,914
Maltsprout	10,437		2508,858
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,958		
	17,394		
Aliran <29>			
Ca(OH) ₂	3,133		
H ₂ O	28,194		
	31,326		
Aliran <30>			
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	5,374		
Jumlah	2508,858	Jumlah	2508,858

A-7. Fermentor (R-220)

Fungsi : Tempat untuk memfermentasikan glukosa menjadi asam laktat dengan *starter* bakteri *Lactobacillus delbrueckii*.


Aliran <31>

Bahan masuk dari Tangki Sterilisasi:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	18306,048
H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶
Xylose	29,660
Glukosa	3757,161
Jumlah	22092,869

aliran <27>

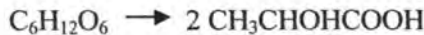
Bahan masuk dari Reaktor *Starter*:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	2049,245
Xylose	3,296
Asam laktat	2,117
Calcium laktat	92,286
CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷
Biomass	361,914
Jumlah	2508,858

Total bahan masuk Fermentor:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	20355,293
H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶
Xylose	32,955
Glukosa	3757,161
Asam laktat	2,117
Calcium laktat	92,286
CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷
Biomass	361,914
Jumlah	24601,727

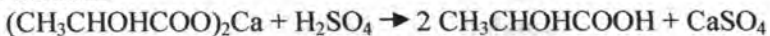
Reaksi I



Reaksi II 2

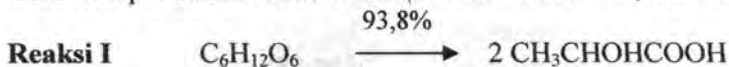


Reaksi III



BM Glukosa	=	180 kg/kmol
BM H ₂ O	=	18 kg/kmol
BM Ca(OH) ₂	=	74 kg/kmol
BM Asam Laktat	=	90 kg/kmol
BM Calcium Laktat	=	218 kg/kmol
BM CaSO ₄	=	136,07 kg/kmol

Yield asam laktat berdasarkan glukosa adalah 93,8% dan akan tercapai dalam waktu 5 hari (*Prescott and Dunn, hal 318*).



$$\text{Glukosa mula-mula} = \frac{\text{massa glukosa mula - mula}}{\text{BM glukosa}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3757,161 \text{ kg}}{180 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 20,873 \text{ kmol} \\
 \text{Asam laktat terbentuk} &= 2 \times 20,873 \text{ kmol} \\
 &= 41,746 \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol} \\
 &= 3757,161 \text{ kg} \times \frac{93,8}{100} \\
 &= 3524,217 \text{ kg} / (90 \text{ kg/kmol}) \\
 &= 39,158 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Glukosa sisa} &= \text{glukosa mula-mula} - \text{asam laktat yang terbentuk} \\
 &= 3757,161 \text{ kg} - 3524,217 \text{ kg} \\
 &= 232,944 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Reaksi II


M : 39,158	x		
B : 2x	x	x	2x
S : 39,158 - 2x	-	x	2x

$$\begin{aligned}
 \text{Asam laktat sisa} &= 39,158 - 2x \text{ kmol} \\
 \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ yang ditambahkan} &= x \text{ kmol} \\
 \text{Calcium laktat terbentuk} &= x \text{ kmol} \\
 \text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= 2x \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

pH optimum = 6. (*Prescott and Dunn, hal 307*)

$$[\text{H}^+] = 10^{-6}$$

$$K_a = 1,8 \times 10^{-5}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{sisa asam}}{\text{sisa garam}}$$

$$10^{-6} = 1,8 \times 10^{-5} \frac{39,158 - 2x}{x}$$

$$x = 19,050 \text{ kmol}$$

**Aliran <33>**

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui nilai :

1. Asam laktat tersisa = $39,189 - 2(19,050)$ kmol
 $= 1,058$ kmol $\times 90$ kg/kmol
 $= 95,249$ kg
2. Larutan yang ditambahkan mengandung Ca(OH)_2 10%.
(Prescott and Dunn, hal 314)

Larutan Ca(OH)_2 10% yang ditambahkan

$$= 19,050 \text{ kmol} \times 74 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1409,687 \text{ kg}$$

- Massa Ca(OH)_2 dalam larutan Ca(OH)_2 10%

$$= \frac{10}{100} \times 1409,687 \text{ kg} = 140,969 \text{ kg}$$

- Massa H_2O dalam larutan Ca(OH)_2 10%

$$= \frac{90}{100} \times 1409,687 \text{ kg} = 1268,718 \text{ kg}$$

1. Calcium laktat terbentuk
 $= 19,050 \text{ kmol} \times 218 \text{ kg/kmol}$
 $= 4152,861 \text{ kg}$

Jumlah Calcium laktat total

= calcium laktat masuk Fermentor + calcium laktat terbentuk

$$= 92,286 \text{ kg} + 4152,861 \text{ kg}$$

$$= 4245,147 \text{ kg} / 218 \text{ kg/kmol}$$

$$= 19,473 \text{ kmol}$$

2. H_2O yang terbentuk
 $= 2 \times 19,050 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol} = 685,794 \text{ kg}$

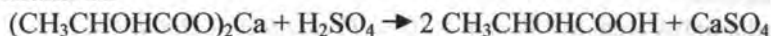
Reaksi III

Jumlah mol H_2SO_4 masuk Fermentor

$$= 3,357 \times 10^{-6} \text{ kg}/(98 \text{ kg/kmol})$$

$$= 3,426 \times 10^{-8} \text{ kmol}$$

Reaksi III



M:	19,473	$3,426 \times 10^{-8}$	-	-
R:	$3,426 \times 10^{-8}$	$3,426 \times 10^{-8}$	$6,852 \times 10^{-8}$	$3,426 \times 10^{-8}$
S:	19,473	0	$6,852 \times 10^{-8}$	$3,426 \times 10^{-8}$

Dari hasil diatas, didapat diketahui nilai:

$$1. \text{ Calsium laktat sisa} = 19,473 \text{ kmol} \times 218 \text{ kg/kmol} \\ = 4245,147 \text{ kg}$$

$$2. H_2SO_4 \text{ sisa} = 0 \text{ kmol}$$

$$3. \text{ Asam laktat yang terbentuk} = 6,852 \times 10^{-8} \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol} \\ = 6,166 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

Total asam laktat

= asam laktat masuk Fermentor + asam laktat pada reaksi II +
asam laktat pada reaksi III

$$= 2,117 \text{ kg} + 95,249 \text{ kg} + 6,166 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$= 97,366 \text{ kg}$$

$$4. CaSO_4 \text{ yang terbentuk} = 3,426 \times 10^{-8} \text{ kmol} \times 136,07 \text{ kg/kmol} \\ = 4,661 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

Total $CaSO_4$ keluar

= $CaSO_4$ masuk Fermentor + $CaSO_4$ pada reaksi III

$$= 5,176 \times 10^{-7} \text{ kg} + 4,661 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$= 5,179 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

Total H_2O = H_2O masuk Fermentor + H_2O pada reaksi II

$$= 20355,293 \text{ kg} + 685,794 \text{ kg}$$

$$= 21041,087 \text{ kg}$$

Penambahan nutrient :

Nutrient yang ditambahkan berupa malt sprout dan $(NH_4)_2HPO_4$ dengan perbandingan (*Prescott and Dunn, hal 314*)



Glukosa	:	Malt Sprout	:	(NH ₄) ₂ HPO ₄
15%	:	0,375%	:	0,25%

Diketahui :

Media untuk Reaktor *Starter* = 10%. (*Prescott and Dunn, hal 318*)

Sehingga, media untuk Fermentor = 90%

Aliran <32>

$$\begin{aligned}
 \text{Malt sprout} &= \frac{0,375\%}{15\%} \times 3757,161 \text{ kg} \\
 &= 93,929 \text{ kg} \\
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \frac{0,25\%}{15\%} \times 3757,161 \text{ kg} \\
 &= 62,619 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Komposisi nutrient	Massa (kg)
Malt Sprout	93,929
(NH ₄) ₂ HPO ₄	62,619
Total	156,548

Asumsi semua glukosa sisa dikonsumsi oleh bakteri untuk berkembangbiak.

Biomass yang terbentuk

$$\begin{aligned}
 &= \text{malt sprout} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{bakteri masuk} + \text{glukosa dikonsumsi} \\
 &= 93,929 \text{ kg} + 62,619 \text{ kg} + 361,914 \text{ kg} + 232,944 \text{ kg} \\
 &= 751,407 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

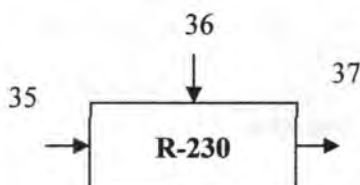
Neraca Massa Fermentor

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
aliran <27>		aliran <34>	
H ₂ O	2049,245	H ₂ O	21041,087
Xylose	3,296	Xylose	32,955
Asam laktat	2,117	Asam laktat	97,366
Calsium laktat	92,286	Calsium laktat	4245,147
CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷	CaSO ₄	5,179x10 ⁻⁶
Biomass	361,914	Biomass	751,407
	2508,858		26167,962
aliran <31>			
H ₂ O	18306,048		
H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶		
Xylose	29,660		
Glukosa	3757,161		
	22092,869		
aliran <32>			
Maltsprout	93,929		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	62,619		
	156,548		
aliran <33>			
Ca(OH) ₂	140,969		
H ₂ O	1268,718		
	1409,687		
Jumlah	26167,962	Jumlah	26167,962

A-8. Reaktor Sulfuric (R-230)

Fungsi :

1. Untuk mereaksikan semua sisa calcium laktat dengan larutan H_2SO_4 5% hingga menjadi asam laktat. (*Sunhoon Kwon, 1999*)
2. Memanaskan larutan asam laktat pada suhu $82,2^\circ C$ untuk membunuh bakteri *Lactobacillus delbrueckii*. (*Prescott, hal.316*)



Aliran <35>

Komposisi bahan masuk dari fermentor:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi	Densitas (kg/l)	Volume (l)
H ₂ O	21041,087	0,804	0,970	21691,842
Xylose	32,955	$1,259 \times 10^{-3}$	1,535	21,469
Asam laktat	97,366	$3,721 \times 10^{-3}$	1,249	77,955
Calcium laktat	4245,147	0,162	2,200	1929,612
CaSO ₄	$5,179 \times 10^{-6}$	$1,979 \times 10^{-10}$	2,960	$1,750 \times 10^{-6}$
Biomass	751,407	0,029	1,560	481,671
Jumlah	26167,962	1		24202,550

Reaksi pada Reaktor Sulfuric:



BM Calcium laktat = 218 kg/kmol

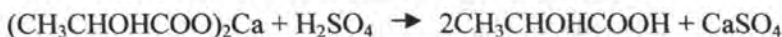
BM H₂SO₄ = 98 kg/kmol

BM Asam laktat = 90 kg/kmol

BM CaSO₄ = 136 kg/kmol

BM H₂O = 18 kg/kmol

- Menghitung jumlah mol reaksi dalam reaktor hidrolisa :
 1. Jumlah mol calcium laktat mula – mula :
 - = massa calcium laktat / BM calcium laktat
 - = (4245,147 kg) / (218 kg/kmol)
 - = 19,473 kmol
 2. Jumlah mol calcium laktat bereaksi :
 - = mol calcium laktat mula – mula
 - = 19,473 kmol
 3. Jumlah mol calcium laktat sisa :
 - = (mol calcium laktat mula–mula)–(mol calcium laktat bereaksi)
 - = 19,473 kmol – 19,473 kmol
 - = 0 kmol
 4. Jumlah mol H₂SO₄ mula – mula :
 - = x kmol
 5. Jumlah mol H₂SO₄ bereaksi :
 - = mol calcium laktat mula – mula
 - = 19,473 kg
 6. Jumlah mol H₂SO₄ sisa :
 - = (mol H₂SO₄ mula – mula) – (mol H₂SO₄ bereaksi)
 - = x kmol - 19,473 kmol
 - = x - 19,473 kmol
 7. Jumlah mol asam laktat yang terbentuk :
 - = 2 x mol calcium laktat mula – mula
 - = 2 x 19,473 kmol
 - = 38,946 kg
 8. Jumlah mol CaSO₄ yang terbentuk :
 - = mol calcium laktat mula – mula
 - = 19,473 kmol



M :	19,473	x	-	-
R :	19,473	19,473	38,946	19,473
S :	0	x-19,473	38,946	19,473

$$\begin{aligned} \text{Asam laktat terbentuk} &= 38,946 \text{ kmol} \times 90 \text{ kg/kmol} \\ &= 3505,167 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CaSO}_4 \text{ terbentuk} &= 19,473 \text{ kmol} \times 136 \text{ kg/kmol} \\ &= 2648,349 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Larutan H}_2\text{SO}_4 \text{ teoritis} = 19,473 \text{ kmol}$$

$$\text{Excess reaktan} = 1\%$$

$$1\% = \frac{(\text{mol yang ditambahkan} - \text{mol teoritis})}{\text{mol teoritis}}$$

$$1\% = \frac{(x - 19,473) \text{ mol}}{19,473 \text{ mol}}$$

$$x = 19,668 \text{ kmol}$$

Aliran <36>

Massa larutan H₂SO₄ yang ditambahkan

$$= 19,668 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1927,453 \text{ kg}$$

- Massa H₂SO₄ dalam larutan H₂SO₄ 5%
 $= 5\% \times 1927,453 \text{ kg}$
 $= 96,373 \text{ kg}$
- Masaa H₂O dalam larutan H₂SO₄ 5%
 $= 95\% \times 1927,453 \text{ kg}$
 $= 1831,080 \text{ kg}$

Massa larutan H₂SO₄ yang diperlukan

$$= 19,473 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1908,369 \text{ kg}$$

Data-data setelah reaksi:

$$\begin{aligned} \text{CaSO}_4 \text{ total} &= \text{massa CaSO}_4 \text{ masuk} + \text{massa CaSO}_4 \text{ terbentuk} \\ &= 5,179 \times 10^{-6} \text{ kg} + 2648,349 \text{ kg} \\ &= 2648,349 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asam laktat total} &= \text{massa asam laktat masuk} + \text{massa asam} \\ &\quad \text{laktat terbentuk} \\ &= 97,366 \text{ kg} + 3505,167 \text{ kg} \\ &= 3602,533 \text{ kg} \end{aligned}$$

Larutan H₂SO₄ sisa

= massa larutan H₂SO₄ ditambahkan – massa larutan H₂SO₄ diperlukan

= 1927,453 kg - 1908,369 kg

= 19,084 kg

- Massa H₂SO₄ sisa dalam larutan H₂SO₄ 5%

= 5% x 19,084 kg

= 0,954 kg

- Massa H₂O sisa dalam larutan H₂SO₄ 5%

= 95% x 19,084 kg

= 18,130 kg

Massa total H₂O = massa H₂O masuk + massa H₂O terbentuk

= 21041,087 kg + 18,130 kg

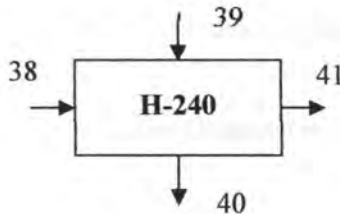
= 21059,216 kg

Neraca Massa Reaktor *Sulfuric*:

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <35>		Aliran <37>	
H ₂ O	21041,087	H ₂ O	21059,216
Xylose	32,955	H ₂ SO ₄	0,954
Asam laktat	97,366	Xylose	32,955
Calcium laktat	4245,147	Asam laktat	3602,533
CaSO ₄	5,179x10 ⁻⁶	CaSO ₄	2648,349
Biomass	751,407	Biomass	751,407
	26167,962		28095,414
Aliran <36>			
H ₂ SO ₄	96,373		
H ₂ O	1831,080		
	1927,453		
Jumlah	28095,414		28095,414

A-9. Rotary Vacuum Filter (H-240)

Fungsi : untuk memisahkan filtrat yang akan menuju elektrodialisis dan cake yang akan menuju *solid waste*.



Aliran <38>

Komposisi bahan masuk dari Heater:

Komponen	Massa (kg)
H ₂ O	21059,216
H ₂ SO ₄	0,954
Xylose	32,955
Asam laktat	3602,533
CaSO ₄	2648,349
Biomass	751,407
Jumlah	28095,414

Diketahui :

1. Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake.
2. Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.
3. Massa air pencuci 20-25% dari total cake keluar.

(Hugot, hal. 477)

Komposisi filtrat:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
H ₂ O	21059,216	0,853
H ₂ SO ₄	0,954	$3,864 \times 10^{-5}$
Xylose	32,955	0,001
Asam laktat	3602,533	0,146
Jumlah	24695,659	1

Komposisi cake:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
CaSO ₄	2648,349	0,779
Biomass	751,407	0,221
Jumlah	3399,756	1

- Massa filtrat terikut cake = 0,5% dari massa cake
 $= 0,5\% \times 3399,756 \text{ kg}$
 $= 16,999 \text{ kg}$
- Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.
 $= 24695,659 \text{ kg} - 16,999 \text{ kg}$
 $= 24678,660 \text{ kg}$

Komposisi filtrat terikut cake:

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{fraksi H}_2\text{O} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 0,853 \text{ kg} \times 16,999 \text{ kg} \\ &= 14,496 \text{ kg} \\ \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{fraksi H}_2\text{SO}_4 \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 3,864 \times 10^{-5} \text{ kg} \times 16,999 \text{ kg} \\ &= 0,001 \text{ kg} \\ \text{Xylose} &= \text{fraksi Xylose} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\ &= 0,001 \text{ kg} \times 16,999 \text{ kg} \\ &= 0,023 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asam laktat} &= \text{fraksi Asam laktat} \times \text{massa filtrat terikut cake} \\
 &= 0,146 \text{ kg} \times 16,999 \text{ kg} \\
 &= 2,480 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Komposisi cake yang dipisahkan:

$$\begin{aligned}
 \text{CaSO}_4 &= \text{massa mula-mula CaSO}_4 \\
 &= 2648,349 \text{ kg} \\
 \text{Biomass} &= \text{massa mula-mula Biomass} \\
 &= 751,407 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Aliran <40>

Komposisi filtrat keluar:

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} &= \text{massa H}_2\text{O mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\
 &= 21059,216 \text{ kg} - 14,496 \text{ kg} \\
 &= 21044,720 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{massa H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\
 &= 0,954 \text{ kg} - 0,001 \text{ kg} \\
 &= 0,954 \text{ kg} \\
 \text{Xylose} &= \text{massa Xylose mula-mula} - \text{massa filtrat terikut cake} \\
 &= 32,955 \text{ kg} - 0,023 \text{ kg} \\
 &= 32,933 \text{ kg} \\
 \text{Asam laktat} &= \text{massa Glukosa mula-mula} - \text{massa filtrat terikut} \\
 &\quad \text{cake} \\
 &= 3602,533 \text{ kg} - 2,480 \text{ kg} \\
 &= 3600,053 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Aliran <41>

$$\begin{aligned}
 \text{Massa total cake keluar} &= \text{massa cake yang dipisahkan} + \text{massa} \\
 &\quad \text{filtrat terikut cake} \\
 &= 3399,756 \text{ kg} + 16,999 \text{ kg} \\
 &= 3416,754 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Aliran <39>

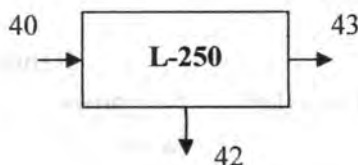
- Massa air pencuci = 20% dari massa total cake keluar
 = $20\% \times 3416,754 \text{ kg}$
 = $683,351 \text{ kg}$

Neraca Massa Rotary Vacuum Filter:

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (38)		Aliran (40)	
H ₂ O	21059,216	H ₂ O	21044,720
H ₂ SO ₄	0,954	H ₂ SO ₄	0,954
Xylose	32,955	Xylose	32,933
Asam laktat	3602,533	Asam laktat	3600,053
CaSO ₄	2648,349	Air pencuci	683,351
Biomass	751,407		25362,011
	28095,414	Aliran (41)	
Aliran (39)		H ₂ O	14,496
Air pencuci	683,351	H ₂ SO ₄	$6,568 \times 10^{-4}$
		Xylose	0,023
		Asam laktat	2,480
		CaSO ₄	2648,349
		Biomass	751,407
			3416,754
Jumlah	28778,765	Jumlah	28778,765

A-10. Elektrodialisis (L-250)

Fungsi : untuk memisahkan H_2SO_4 dari larutan asam laktat sebelum menuju ke tangki *Bleaching*.



Diasumsikan pada elektrodialisis ini H_2SO_4 terpisah seluruhnya sehingga tidak ada H_2SO_4 yang tertinggal dalam larutan asam laktat.

Aliran <40>

Bahan masuk dari RVF :

Komposisi	Massa (kg)
Aliran <36>	
H ₂ O	21044,720
H ₂ SO ₄	0,954
Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053
Jumlah	24678,660

Aliran <42>

H_2SO_4 yang keluar dari Elektrodialisis:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ SO ₄	0,954
Jumlah	0,954

Aliran <43>

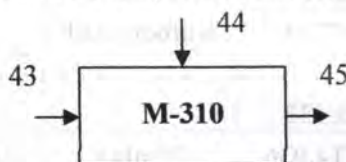
 Komposisi bahan menuju Tangki *Bleaching*:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	21044,720
Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053
Jumlah	24677,707

Neraca Massa Elektrodialisis:

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <40>		Aliran <42>	
H ₂ O	21044,720	H ₂ SO ₄	0,954
H ₂ SO ₄	0,954	Aliran <43>	
Xylose	32,933	H ₂ O	21044,720
Asam laktat	3600,053	Xylose	32,933
		Asam laktat	3600,053
			24677,707
Jumlah	24678,660	Jumlah	24678,660

A-11. Tangki *Bleaching* (M-310)

 Fungsi : untuk menyerap warna larutan asam laktat dengan menggunakan karbon aktif pada suhu operasi 85C selama 20 menit. (*Jankowska, Helena., hal. 232*)


Aliran <43>

Komposisi bahan masuk dari Filter Press:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	21044,720
Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053
Jumlah	24677,707

Bahan kering yang akan *dibleaching*:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Asam laktat} + \text{Xylose} \\
 &= 3600,053 \text{ g} + 32,933 \text{ g} \\
 &= 3632,986 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Aliran <44>Karbon aktif yang ditambahkan sebanyak 0,3-1% dari jumlah bahan kering yang akan *dibleaching*. (*Jankowska., hal. 234*)

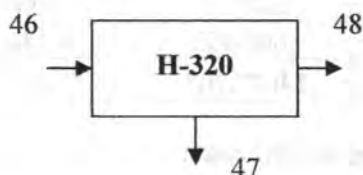
$$\begin{aligned}
 &= 1\% \times \text{bahan kering yang akan dibleaching} \\
 &= 0,01 \times 3632,986 \text{ kg} \\
 &= 36,330 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Tangki Bleaching

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (43)		Aliran (45)	
H ₂ O	21044,720	H ₂ O	21044,720
Xylose	32,933	Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053	Asam laktat	3600,053
	24677,707	Karbon aktif	36,330
Aliran (44)			
Karbon aktif	36,330		
Jumlah	24714,036	Jumlah	24714,036

A-12. Filter Press (H-320)

Fungsi : untuk memisahkan filtrat yang akan menuju evaporator dan cake yang akan menuju *solid waste*.



Aliran <46>

Komposisi bahan masuk dari Reaktor *Sulfuric*:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	21044,720
Xylose	32,933
Asam laktat	3600,053
Karbon aktif	36,330
Jumlah	24714,036

Diketahui:

1. Massa filtrat terikut cake = 1% dari massa cake.
2. Massa filtrat keluar = massa filtrat mula-mula – massa filtrat terikut cake.

Komposisi cake :

Komposisi	Massa (kg)
Karbon aktif	36,330
Jumlah	36,330

- Massa filtrat yang terikut cake = 1% dari total inert
 = 1% x 36,330 kg
 = 0,363 kg

Komposisi filtrat:

Komposisi	Massa (kg)	Fraksi
H ₂ O	21044,720	0,853
Xylose	32,933	0,001
Asam laktat	3600,053	0,146
Jumlah	24677,707	1

Komposisi filtrat yang terikat cake:

H₂O = fraksi H₂O x massa filtrat yang terikat cake

$$= 0,853 \times 0,363 \text{ kg}$$

$$= 0,310 \text{ kg}$$

Xylose = fraksi xylose x massa filtrat yang terikat cake

$$= 0,001 \times 0,363 \text{ kg}$$

$$= 4,848 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Asam laktat = fraksi asam laktat x massa filtrat yang terikat cake

$$= 0,146 \times 0,363 \text{ kg}$$

$$= 0,053 \text{ kg}$$

Komposisi cake yang dipisahkan:

Karbon aktif = massa karbon aktif masuk filter press

$$= 36,330 \text{ kg}$$

Aliran <47>

Massa total cake keluar = massa cake yang dipisahkan + massa filtrat terikat cake

$$= 36,330 \text{ kg} + 0,363 \text{ kg}$$

$$= 36,693 \text{ kg}$$

Aliran <48>**Komposisi Filtrat keluar:**

H₂O = massa H₂O mula-mula – massa H₂O terikat cake

$$= 21044,720 \text{ kg} - 0,310 \text{ kg}$$

$$= 21044,411 \text{ kg}$$

Appendiks A Neraca Massa

Xylose = massa xylose mula-mula- massa xylose terikut cake
 = 32,933 kg - $4,848 \times 10^{-4}$ kg
 = 32,932 kg

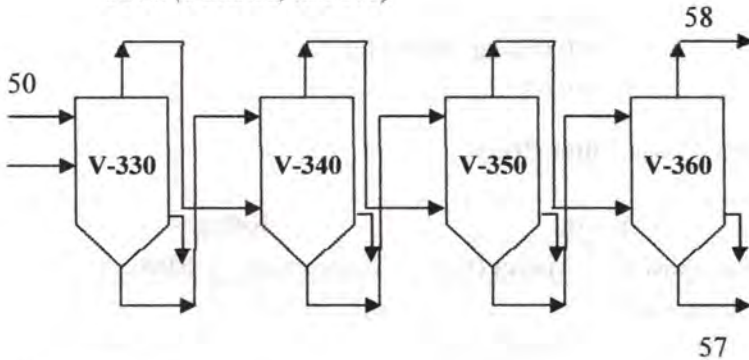
Asam Laktat = massa asam laktat mula-mula- massa asam laktat terikut cake
 = 3600,053 kg - 0,053 kg
 = 3600 kg

Neraca Massa Filter Press:

Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran <46>		Aliran <47>	
H ₂ O	21044,720	H ₂ O	0,310
Xylose	32,933	Xylose	$4,848 \times 10^{-4}$
Asam laktat	3600,053	Asam laktat	0,053
Karbon aktif	36,330	Karbon aktif	36,330
			24677,343
		Aliran <48>	
		H ₂ O	21044,411
		Xylose	32,932
		Asam laktat	3600
			36,693
Jumlah	24714,036	Jumlah	24714,036

A.13. Evaporator (V-330 ; V-340; V-350; V-360)

Fungsi : untuk memekatkan larutan asam laktat dari 15% menjadi 50%. (*Paturau, hal 273*)



Aliran <50>

Komposisi bahan masuk dari Heater:

Komposisi	Massa (kg)
H ₂ O	21044,411
Xylose	32,932
Asam laktat	3600
Jumlah	24677,343

$$\begin{aligned}
 \text{Asam laktat dalam larutan} &= \frac{\text{massa asam laktat}}{\text{massa total larutan}} \\
 &= \frac{3600 \text{ kg}}{24677,343 \text{ kg}} \\
 &= 0,15
 \end{aligned}$$

Feed evaporator (F) = 24677,343 kg/hari.

Neraca massa komponen

$$\begin{aligned}
 F \cdot X_f &= L_4 \cdot X_{L_4} + (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) \cdot V_v \\
 24677,343 \times 0,15 &= L_4 \times 0,5 + 0 \\
 3600 &= 0,5 L_4 \\
 L_4 &= 7200 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Neraca massa overall

$$\begin{aligned}
 F &= L + V \\
 24677,343 \text{ kg/hari} &= 7200 \text{ kg/hari} + V \\
 V &= 17477,342 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total uap air} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 17477,342 \text{ kg/hari}$$

Asumsi V pada tiap efek adalah sama, maka $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 4369,336 \text{ kg/hari}$

Total Material Balance

$$\begin{aligned}
 F &= V_1 + L_1 \\
 24677,343 &= 4369,336 + L_1; \quad L_1 = 20308,008 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_1 &= V_2 + L_2 \\
 20308,008 &= 4369,336 + L_2; \quad L_2 = 15938,672 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_2 &= V_3 + L_3 \\
 15938,672 &= 4369,336 + L_3; \quad L_3 = 11569,336 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_3 &= V_4 + L_4 \\
 11569,336 &= 4369,336 + L_4; \quad L_4 = 7200 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Menghitung Fraksi Asam laktat pada tiap efek

Efek 1

$$\begin{aligned}
 F \cdot X_{f1} &= L_1 \cdot X_{L1} + V \cdot X_v \\
 24677,343 \times 0,15 &= 20308,008 \cdot X_{L1} + 0 \\
 3600 &= 20308,008 \cdot X_{L1} \\
 X_{L1} &= 0,18
 \end{aligned}$$

**Efek 2**

$$\begin{aligned}
 L_1 \cdot X_{L1} &= L_2 \cdot X_{L2} & + & V \cdot X_v \\
 20308,008 \times 0,18 &= 15938,672 \cdot X_{L2} & + & 0 \\
 3600 &= 15938,672 \cdot X_{L2} \\
 X_{L2} &= 0,23
 \end{aligned}$$

Efek 3

$$\begin{aligned}
 L_2 \cdot X_{L2} &= L_3 \cdot X_{L3} & + & V \cdot X_v \\
 15938,672 \times 0,23 &= 11569,336 \cdot X_{L3} & + & 0 \\
 3600 &= 11569,336 \cdot X_{L3} \\
 X_{L3} &= 0,31
 \end{aligned}$$

Efek 4

$$\begin{aligned}
 L_3 \cdot X_{L3} &= L_4 \cdot X_{L4} & + & V \cdot X_v \\
 11569,336 \times 0,31 &= 7200 \cdot X_{L4} & + & 0 \\
 3600 &= 7200 \cdot X_{L4} \\
 X_{L4} &= 0,50
 \end{aligned}$$

H_2O yang teruapkan = $V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 17477,342$ kg/hari
 H_2O dalam larutan = H_2O dalam larutan feed - H_2O teruapkan
 = $(21044,411 - 17477,342)$ kg/hari
 = $3567,068$ kg/hari

Neraca Massa Evaporator:

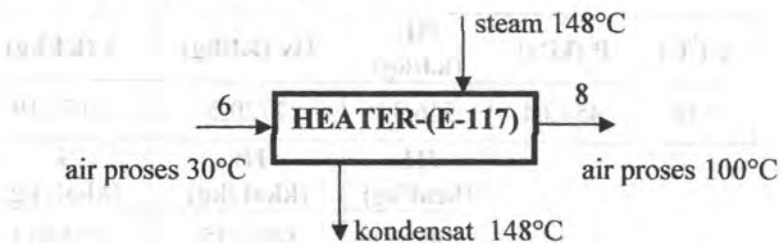
Masuk		Keluar	
Komposisi	Massa (kg)	Komposisi	Massa (kg)
Aliran (50)		Aliran <57>	
H ₂ O	21044,411	H ₂ O	3567,068
Xylose	32,932	Xylose	32,932
Asam laktat	3600	Asam laktat	3600
		7200	
		Aliran <58>	
		Uap H ₂ O	17477,342
Jumlah	24677,343	Jumlah	24677,343

APPENDIKS B NERACA PANAS

Kapasitas	= 1188 ton/tahun = 3600 kg/hari
Waktu operasi	= 330 hari
Basis waktu	= 1 hari produksi
Satuan panas	= kkal
Suhu referensi	= 25 °C

1. Heater (E-117)

Fungsi : untuk menaikkan suhu air proses dari 30 °C menjadi 100 °C sebelum menuju ke Pre Hidrolisa



T air proses masuk	=	30 °C
T air proses keluar	=	100 °C
<i>(Biomass Handbook, hal 436)</i>		
Tekanan	=	1 atm

Data Cp :

Cp air proses pada	30 °C	=	0,9987 kkal/kg°C
Cp air proses pada	100 °C	=	1,0076 kkal/kg°C
<i>(Geankoplis 4th edition , hal 961)</i>			

Diketahui dari appendiks neraca massa :

Massa air proses yang masuk	=	366,485 kg
Massa air proses yang keluar	=	366,485 kg

Menghitung entalpi air proses masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T - 25) = (30 - 25) = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = m \times C_p \times \Delta T = 1830,043 \text{ kkal}$$

Menghitung entalpi air proses keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T - 25) = (100 - 25) = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = m \times C_p \times \Delta T = 27695,269 \text{ kkal}$$

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 $^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 451,64 kPa. (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T ($^{\circ}\text{C}$)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kcal/kg)	λ (kcal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\ &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg} \\ Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\ &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\ &= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned} H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\ 1830,043 + (519,644 M_s) &= 27695,269 + (25,982 \times M_s) \\ 493,661 \times M_{\text{steam}} &= 25865,226 \\ M_{\text{steam}} &= 52,395 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga :

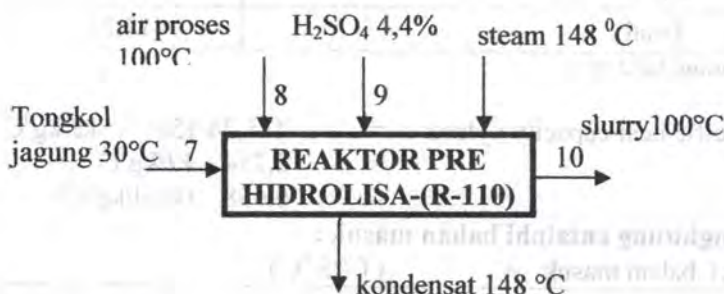
$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= 27226,747 \text{ kkal} \\ Q_{\text{loss}} &= 1361,437 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Neraca panas di heater :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1830,043	H produk	27695,269
Qsoplay	27226,747	Qloss	1361,427
Total	29056,790	Total	29056,796

2. REAKTOR PRE HIDROLISA (R-110)

Fungsi : Tempat terjadinya hidrolisa hemiselulosa menjadi xylose dengan menggunakan katalis asam sulfat H_2SO_4 4,4%.



$C_p H_2SO_4$ 4.4% = 0,96126 kcal/kg°C (Perry, 7th edition, hal 2-185)

C_p air pada 100 °C = 1,0076 kcal/kg°C (Geankoplis 4th edition, 961)

Perhitungan C_p :

1. C_p lignin = 0,4 (kkal/kg°C)

Lignin ($C_5H_{12}O_6$) =

Element	Jumlah atom	mol.wt	Heat capacity elementn (J/mol °C)	Heat capacity (J/mol °C)
C	5	60	7,5	37,5
H	12	12	9,6	115,2
O	6	96	16,7	100,2
Total		168		252,9

(Coulson, hal 246)

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi



$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity lignin} &= 252,9/168 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 1,505 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,359 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

$$2. \text{ Cp xylose (CH}_2\text{OH(CHOH)}_3\text{CHO) = 0,70 (kkal/kg}^{\circ}\text{C)}$$

Group	Contribution	Jumlah	Heat capacity (J/mol °C)
CHO	111,37	1	111,37
CHOH	76,2	3	228,6
CH ₂ OH	73,27	1	73,27
Total			413,24

(Coulson, hal 246)

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity xylose} &= \frac{413,24}{150} \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 2,754 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,658 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

Menghitung entalpi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T-25^{\circ}\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg °C)	ΔT (°C)	Entalpi (kkal)
Selulosa	4177,260	0,320	5	6683,616
Hemiselulosa	3248,980	0,299	5	4857,225
Lignin	1392,420	0,570	5	3968,397
Ash	464,140	0,242	5	561,609
Total	9282,801			16070,848

Aliran 6

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg °C)	ΔT (°C)	Entalpi (kkal)
Air proses	366,485	1,008	75	27695,269
Total	366,485			27695,269

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Aliran 7

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalpi (kkal)
H ₂ SO ₄ 4,4%	0,008	0,961	5	0,037
Total	0,008			0,037

Menghitung entalphi bahan keluar :

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kkal)
Selulosa	4177,260	0,320	75	100254,245
Hemiselulosa	561,424	0,299	75	12589,928
Lignin	1392,420	0,570	75	59525,958
Ash	464,140	0,242	75	8424,141
H ₂ O	0,007	1,008	75	0,550
H ₂ SO ₄	0,000	0,961	75	0,025
Xylose	3054,041	0,700	75	160337,172
Total	9649,293			341132,020

Menghitung panas reaksi :

Menghitung panas reaksi pada suhu 25 °C :

Reaksi yang terjadi pada reaktor pre hidrolisa ;



Data panas pembakaran :

$$\Delta H_c (C_5H_8O_4) = -5516,28 \text{ kkal/kmol}$$

$$\Delta H_c (C_5H_{10}O_5) = -637 \text{ kkal/kmol}$$

Dari appendix A diperoleh :

$$\text{Hemiselulosa } (C_5H_8O_4) \text{ yang bereaksi} = 0,00204 \text{ kmol}$$

$$\text{Xylose } (C_5H_{10}O_5) \text{ yang terbentuk} = 20,36 \text{ kmol}$$

$$H_2O \text{ yang bereaksi} = 20,36 \text{ kmol}$$

ΔH reaksi pada 25 °C :

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk} \\
 &= \text{mol} \times \Delta H_c (\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4) - \text{mol} \times \Delta H_c (\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5) \\
 &= 0,00204 (-5516,28) - 20,36 \times (-637) \\
 &= -11,231 - (-12969,49) \\
 &= 12958,264 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ produk (xylose)} &= M_{\text{xylose}} \times C_p \times \Delta T \\
 &= 3054,93 \times 0,7 \times 75 \\
 &= 160337,172 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaktan (Hemiselulosa) :

$$\begin{aligned}
 &= M_{\text{hemiselulosa}} \times C_{p \times \Delta T} + M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T \\
 &= (2687,556 \times 0,299 \times 5) + (366,485 \times 0,9987 \times 5) \\
 &= 4017,897 + 27450,640 \\
 &= 31468,537 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ\text{C} \\
 &= 160337,172 - 31468,537 + 12958,264 \\
 &= 141826,899 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH_{reaksi} positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas (endoterm) sehingga diperlukan steam agar bahan dapat bereaksi.

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kcal /kg)	λ (kcal /kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\
 &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\
 &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + \Delta H_{\text{reaksi}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 43766,154 + 141826,899 + 519,644 M_s &= 341132,02 + 25,982 M_s \\
 493,662 M_s &= 155538,967 \\
 M_s &= 315,072 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 163725,2744 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 8186,307 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

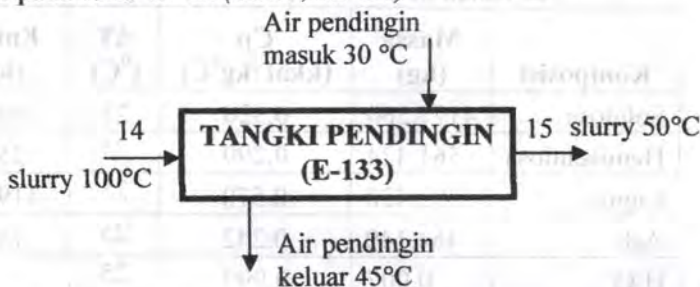
Neraca Panas pada Reaktor Pre-Hidrolisa :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	43766,154	H produk	341132,020
ΔH reaksi	141826,899	Qloss	8186,307
Qsuplay	163725,2744		
Total	349318,327	Total	349318,307

3. Tangki Pendingin (E-133)

Fungsi : Untuk menurunkan suhu slurry dari suhu 100°C menjadi 85°C

Air pendingin yang digunakan mempunyai suhu 30°C dan keluar pada suhu 45°C . (Ulrich, hal 427)





T bahan masuk	=	100 °C
T bahan keluar	=	40 °C
Tair pendingin masuk	=	30 °C (Ulrich, hal 427)
Tair pendingin keluar	=	45 °C (Ulrich, hal 427)
Cp air pendingin masuk (30 °C)	=	0,999 kkal/kg°C
Cp air pendingin keluar (45 °C)	=	0,999 kkal /kg°C
Cp air pada 100 °C	=	1,008 kkal/kg°C
Cp air pada 50 °C	=	0,999 kkal/kg°C

(Geankoplis 4th edition , hal 961)

Menghitung entalphi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T-25^{\circ}\text{C}) = (100-25^{\circ}\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kkal)
Selulosa	4177,260	0,320	75	100254,245
Hemiselulosa	561,424	0,299	75	12589,928
Lignin	1392,420	0,570	75	59525,958
Ash	464,140	0,242	75	8424,141
H ₂ O	0,007	1,008	75	0,550
H ₂ SO ₄	0,0003	0,961	75	0,025
xylose	3054,041	0,700	75	160337,172
Jumlah	9649,293			341132,020

Menghitung entalphi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T-25^{\circ}\text{C}) = (50-25^{\circ}\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (kkal /kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kkal)
Selulosa	4177,260	0,320	25	20050,849
Hemiselulosa	561,424	0,299	25	2517,986
Lignin	1392,420	0,570	25	11905,192
Ash	464,140	0,242	25	1684,828
H ₂ O	0,007	0,999	25	0,109

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Appendiks B NERACA PANAS

H ₂ SO ₄	0,0003	0,961	25	0,005
xylose	3054,041	0,7	25	32067,434
Total	9649,293			68226,403

Menghitung kebutuhan air pendingin :

$$\begin{aligned}
 H \text{ air pendingin masuk} &= M_{air} \times C_p \times \Delta T \\
 &= M_{air} \times 0,999 \times (30-25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ air pendingin keluar} &= M_{air} \times C_p \times \Delta T \\
 &= M_{air} \times 0,999 \times (45-25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang diserap} &= H_{air \text{ pendingin masuk}} - H_{air \text{ pendingin keluar}} \\
 &= M_{air} \times 0,999 \times (45-30) \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned}
 H_{feed} &= H_{produk} + Q_{yang \text{ diserap}} \\
 341132,020 &= 68226,403 + (M_{air} \times 14,986) \\
 M_{air} \times 14,986 &= 272905,617 \\
 M_{air} &= 18210,704 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

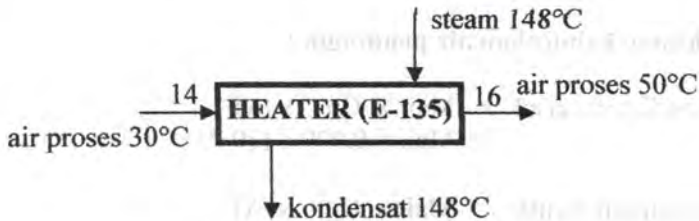
$$Q \text{ yang diserap} = 272905,617 \text{ kkal}$$

Neraca Panas di tangki pendingin:

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H _{feed}	341132,020	H _{produk}	68226,403
		Q yang diserap	272905,617
Total	341132,020	Total	341132,020

4. HEATER (E-135)

Fungsi : untuk menaikkan suhu air proses dari 30 °C menjadi 100 °C sebelum menuju ke Pre Hidrolisa



T air proses masuk	=	30 °C
Tair proses keluar	=	50 °C
(Biomass Handbook, hal 436)		
Tekanan	=	1 atm

Data Cp :

Cp air proses pada 30 °C	=	0,9987 kkal/kg°C
Cp air proses pada 50 °C	=	0,9987 kkal/kg°C
(Geankoplis 4th edition, hal 961)		

Diketahui dari appendiks neraca massa :

Massa air proses yang masuk	=	417,726 kg
Massa air proses yang keluar	=	417,726 kg

Menghitung entalphi air proses masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T - 25) = (30 - 25) = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = m \times Cp \times \Delta T = 2085,915 \text{ kkal}$$

Menghitung entalphi air proses keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T - 25) = (50 - 25) = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = m \times Cp \times \Delta T = 6257,745 \text{ kkal}$$

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa. (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kcal/kg)	λ (kcal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\
 &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\
 &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 2085,915 + (519,644 M_s) &= 6257,745 + (25,982 \times M_s) \\
 493,661 \times M_{\text{steam}} &= 4171,830 \\
 M_{\text{steam}} &= 8,451 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

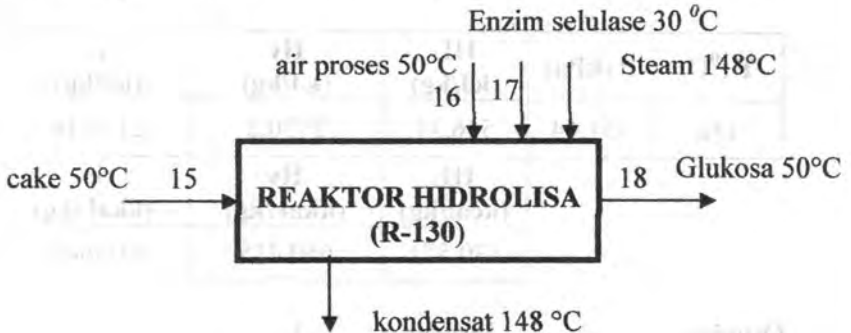
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 4171,8304 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 219,574 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di heater :

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H feed	2085.915	H produk	6257.745
Qsuplay	4171,8304	Qloss	219.570
Total	7580.744	Total	7580.744

5. REAKTOR HIDROLISA (R-130)

Fungsi : Tempat terjadinya hidrolisa selulosa menjadi glukosa dengan menggunakan katalis enzim selulase.



Menghitung entalphi bahan masuk :

$$\Delta T = (50-25)^{\circ}\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Entalphi (kcal)
Selulosa	4177,260	0,320	25	20050,849
Hemiselulosa	561,424	0,299	25	2517,986
Lignin	1392,420	0,400	25	8354,520
Ash	464,140	0,242	25	1684,828
H ₂ O	7,85x10 ⁻⁵	0,999	25	0,001
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁶	0,961	25	5,38 x 10 ⁻⁵
Xylose	32,976	0,700	25	346,249
Total	6628,220			32954,434

Aliran 21

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kcal)
Enzim selulase	265,129	0,3	5	397,693
Total	265,129			397,693

Aliran 20

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kcal)
Air proses	417.726	0.999	25.000	10429.574
Total	417.726			10429.574

Menhitung entalphi bahan keluar :

$$\Delta T = (50-25) ^\circ C$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kcal)
Selulosa	417,726	0,320	25	3341,808
Hemiselulosa	561,424	0,299	25	4196,643
Lignin	1392,420	0,400	25	13924,201
Ash	464,140	0,242	25	2808,047
H ₂ O	20352,900	0,999	25	508262,793
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁶	0,961	25	8,97x10 ⁻⁵
Xylose	32,976	0,700	25	577,082
Glukosa	4177,260	0,275	25	28718,664
Enzim selulase	265,129	0,300	25	1988,466
Total	27663,975			563817,705

Menghitung panas reaksi :

Reaksi pada Reaktor Hidrolisa :



Data panas pembakaran :

$$\Delta H_c (C_6H_{12}O_5) = -5516,280 \text{ kcal/kmol}$$

$$\Delta H_c (C_6H_{12}O_6) = -637 \text{ kcal/kmol}$$

Dari appendix A diperoleh :

$$\text{Selulosa } (C_6H_{12}O_5) \text{ yang bereaksi} = 0,002 \text{ kmol}$$

$$\text{Glukosa } (C_6H_{12}O_6) \text{ yang terbentuk} = 23,207 \text{ kmol}$$

$$H_2O \text{ yang bereaksi} = 23,207 \text{ kmol}$$

ΔH reaksi pada $25^\circ C$:

$$= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk}$$

$$= \text{mol} \times \Delta H_c (C_6H_{12}O_5) - \text{mol} \times \Delta H_c (C_6H_{12}O_6)$$

$$= (0,0023 \times -5516,28) - (23,2507 \times -637)$$

$$= -12,802 - (-14782,860)$$

$$= 14770,058 \text{ kcal}$$

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ produk (glukosa)} &= M_{\text{glukosa}} \times C_p \times \Delta T \\ &= 4177,260 \times 0,275 \times 25 \\ &= 28718,664 \text{ kkal} \end{aligned}$$

ΔH reaktan (Selulosa) :

$$= M_{\text{selulosa}} \times C_p \times \Delta T + M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T$$

$$= (3759,534 \times 0,320 \times 25) + (417,726 \times 0,9989 \times 25)$$

$$= 30076,274 + 2086,333$$

$$= 32162,606 \text{ kkal}$$

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ C \\ &= 28718,664 - 32162,606 + 14770,058 \\ &= 2997,742 \text{ kkal} \end{aligned}$$

ΔH reaksi positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas (endoterm) sehingga diperlukan steam agar bahan dapat bereaksi.

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa. (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kcal/kg)	λ (kcal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\
 &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kcal/kg} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\
 &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_s \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + \Delta H_{\text{reaksi}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 43781,702 + 2997,742 + 519,644 M_s &= 563817,705 + 25,98 M_s \\
 493,662 M_s &= 517038,261 \\
 M_s &= 1047,353 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

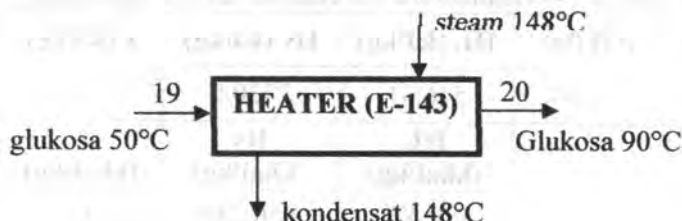
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 544250,7023 \text{ kcal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 27212,4406 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas pada Reaktor Hidrolisa :

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H feed	43781,702	H produk	563817,705
ΔH reaksi	2997,742	Qloss	27212,4406
Qsuplay	544250,7023		
Total	591030,146	Total	591030,146

6. HEATER (E-143)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu slurry dari 50 °C menjadi 90 °C sebelum menuju ke Rotary vakum filter.



T glukosa masuk = 50 °C
 T glukosa keluar = 90 °C
 Tekanan = 1 atm

Menghitung enthalpy bahan masuk :

$$\Delta T = (T-25) = (50-25) \text{ } ^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kkal/kg°C)	ΔT (°C)	Entalphi (kkal)
Selulosa	417,726	0,320	25	3341,808
Hemiselulosa	561,424	0,299	25	4196,643
Lignin	1392,420	0,400	25	13924,201
Ash	464,140	0,242	25	2808,047
H ₂ O	20352,900	0,999	25	508262,793
H ₂ SO ₄	3,73 x 10 ⁻⁶	0,961	25	8,97x10 ⁻⁵
Xylose	32,976	0,700	25	577,082
Glukosa	4177,260	0,275	25	28718,664
Enzim selulase	265,129	0,300	25	1988,466
Total	27663,975			563817,705

Menghitung enthalpy bahan keluar :

$$\Delta T = (T-25) = (90-25) \text{ } ^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (kkal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Entalphi (kkal)
Selulosa	417,726	0,320	65	8688,701
Hemiselulosa	561,424	0,299	65	10911,271
Lignin	1392,420	0,400	65	36202,922
Ash	464,140	0,242	65	7300,923
H ₂ O	20352,900	1,001	65	1323864,552
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁶	0,961	65	0,0002
Xylose	32,976	0,700	65	1500,414
Glukosa	4177,260	0,275	65	74668,527
Enzim selulase	265,129	0,300	65	5170,012
Total	27663,975			1468307,322

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kkal/kg)	Hv (kkal/kg)	λ (kkal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times H_v \\ &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\ &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\ &= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 563817,705 + 519,644 \text{ Ms} &= 1468307,322 + 25,982 \text{ x Ms} \\
 493,66 \text{ x Ms} &= 904489,617 \\
 \text{Ms} &= 1832,205 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 952094,335 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 47604,717 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di heater :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	563817,705	H produk	1468307,322
Qsuplay	952094,335	Qloss	47604,717
Total	1515912,04	Total	1515912,04

7. TANGKI STERILISASI (M-150)

Fungsi : Mensterilkan filtrat dari RVF pada suhu 100°C dan tekanan 101,35 kPa selama 15 menit.



Menghitung Entalpi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (90-25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	20340,053	0,999	65	1320979,671
Xylose	32,955	0,700	65	1499,467
Glukosa	4174,624	0,275	65	74621,396
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁶	0,961	65	0,0002
Total	24547,632			1397100,535

Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (120-25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	20340,053	1,006	95	1535114,667
Xylose	32,955	0,700	95	1730,154
Glukosa	4174,624	0,275	95	86101,611
H ₂ SO ₄	3,73 x 10 ⁻⁶	0,961	95	0,0003
Total	24547,632			1622946,432

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kkal/kg)	Hv (kkal /kg)	λ (kkal /kg)
		130,571	650,215	519,644



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\
 &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\
 &= 0,05 \times (M_{\text{s}} \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_{\text{s}} \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 1397100,535 + 519,644 \times M_{\text{s}} &= 1622946,432 + 25,982 \times M_{\text{s}} \\
 493,662 \times M &= 225845,897 \\
 M_{\text{steam}} &= 457,491 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

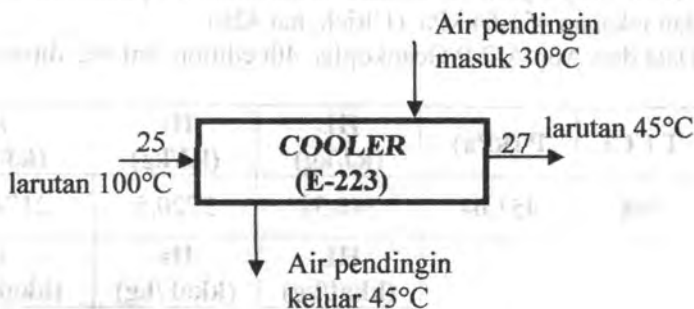
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 297467,715 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 11886,556 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di sterilisasi :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1397100,535	H produk	1622946,432
Qsuplay	237732,453	Qloss	11886,556
Total	1634832,988	Total	1634832,988

8.COOLER I (E-223)

Fungsi : Mendinginkan feed yang masuk ke Fermentor.



Menghitung Entalpi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (100-25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	20340,053	1,002	75	1528707,550
Xylose	32,955	0,700	75	1730,154
Glukosa	4174,624	0,275	75	86101,611
H ₂ SO ₄	3,73 x 10 ⁻⁶	0,961	75	0,0003
Total	24547,632			1616539,315

Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (45-25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	20340,053	0,9995	20	406597,664
Xylose	32,955	0,700	20	461,375
Glukosa	4174,624	0,275	20	22960,430
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁶	0,961	20	7,17 x 10 ⁻⁵
Total	24547.632			430019,468

Menghitung kebutuhan air pendingin :

$$\begin{aligned} H \text{ air pendingin masuk} &= M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T \\ &= M_{\text{air}} \times 0,999 \times (30-25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ air pendingin keluar} &= M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T \\ &= M_{\text{air}} \times 0,999 \times (45-30) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diserap} &= H \text{ air pendingin masuk} - H \text{ air pendingin keluar} \\ &= M_{\text{air}} \times 0,999 \times (45-30) \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$H \text{ feed} = H \text{ produk} + Q_{\text{yang diserap}}$$

$$1616539,315 = 430019,468 + M_{\text{air}} \times 14,985$$

$$M_{\text{air}} \times 14,985 = -1186519,847$$

$$M_{\text{air}} = 79180,504 \text{ kg}$$

Sehingga :

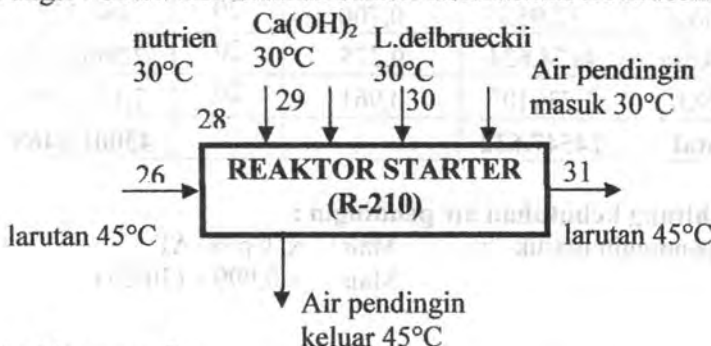
$$Q_{\text{yang diserap}} = 1186519,847 \text{ kg}$$

Neraca Panas di cooler :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Hfeed	1616539,315	Hproduk	430019,468
		Qyang diserap	1186519,847
Total	1616539,315	Total	1616539,315

9. REAKTOR STARTER (R-210)

Fungsi : Untuk membiakkan bakteri *lactobacillus Delbrueckii*.

**Perhitungan Cp :**

$$1. \text{Cp } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 0,4 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)}$$

Element	Jumlah atom	mol.wt	Heat capacity element (J/mol °C)	Heat capacity (J/mol °C)
N	2	28	26	52
H	5	5	9,6	48



P	1	31	31	31
O	4	64	16,7	66,8
Total		128		197,8

(Coulson, hal 246)

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= 197,8/128 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &= 1,5453125 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &= 0,36 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

$$2. \text{ Cp Ca(OH)}_2 = 0,3 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)}$$

Element	Jumlah atom	mol.wt	Heat capacity elementn (J/mol °C)	Heat capacity (J/mol °C)
Ca	1	40	26	26
H	2	2	9,6	19,2
O	2	32	16,7	33,4
Total		74		78,6

(Coulson, hal 246)

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity Ca(OH)}_2 &= 78,6/74 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &= 1,062 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &= 0,254 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

$$3. \text{ Cp kalsium laktat} = 0,3 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{C)}$$

Element	Jumlah atom	mol.wt	Heat capacity elementn (J/mol °C)	Heat capacity (J/mol °C)
Ca	1	40	26	26
H	6	6	9,6	57,6
O	3	48	16,7	50,1
C	3	36	7,5	22,5
Total		130		156.2

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity kalsium laktat} &= 156,2/130 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 1,201 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,286 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

$$4. \text{Cp asam laktat (CH}_3\text{CHOHCOOH)} = 0,5 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)}$$

Group	Contribution	Jumlah	Heat capacity (J/mol ⁰ C)
CH ₃	36,84	1	36,84
CH	20,93	1	20,93
OH	44,8	1	44,8
C-OH	79,97	1	79,97
Total	182,54		182,54

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity asam laktat} &= 18,54/90 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 2,0282 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,4844 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

$$5. \text{Cp biomass} = \text{Biomass (CH}_{1,703}\text{N}_{0,171}\text{O}_{0,459})$$

Element	Jumlah atom	mol.wt	Heat capacity element (J/mol ⁰ C)	Heat capacity (J/mol ⁰ C)
C	1	40	7,5	7,5
H	1,703	1,703	9,6	16,3488
O	0,459	7,344	16,7	7,6653
N	0,171	2,394	26	4,446
Total		51,441		35,9601

$$\begin{aligned} \text{Specific heat capacity biomass} &= 35,9601/51,441 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,699 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\ &= 0,166 \text{ (kkal/kg}^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

Menghitung Entalpi bahan masuk :
 ΔT bahan masuk = (45-25)

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	2034,005	1,002	20	40765,535
Xylose	3,296	0,700	20	46,137
Glukosa	417,462	0,275	20	2296,043
H ₂ SO ₄	3,73x10 ⁻⁷	0,961	20	7,17x10 ⁻⁶
Total	2454,763			43107,715

Menghitung bahan masuk tambahan :

Aliran 25

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,958	0,4	5	13,915
Malt sprout	10,437	0,5	5	26,091
Total	17,394			40,007

Aliran 27

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
Larutan Ca(OH) ₂	31,326	0,3	5	46,990
Total	31,326			46,990

Aliran 26

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
Lb.Delbruekki	5,374	0,6	5	16,121
Total	5,374			16,121

Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (45-25)$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	2049,245	1	20	40964,411
Xylose	3,296	0,7	20	46,137
CaSO ₄	5,17x10 ⁻⁷	0,2	20	2,07x10 ⁻⁶
Asam laktat	2,117	0,5	20	21,166
Kalsium laktat	92,286	0,3	20	553,715
Biomass	361,914	0,2	20	1447,658
Total	2508,858			43033,088

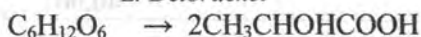
Menghitung panas reaksi :

Menghitung panas reaksi pada suhu 25 °C :

Reaksi yang terjadi pada reaktor pre hidrolisa :

Reaksi I :

L. Delbruecki



Data panas pembakaran :

$$\Delta H_c (C_6H_{12}O_6) = -637 \text{ kkal/kmol}$$

$$\Delta H_c (CH_3CHOHCOOH) = -325,8 \text{ kkal/kmol}$$

Dari appendik A diperoleh :

$$\text{Glukosa } (C_6H_{12}O_6) \text{ yang bereaksi} = 2,319 \text{ kmol}$$

$$\text{Asam laktat yang terbentuk} = 4,638 \text{ kmol}$$

ΔH reaksi pada 25 °C :

$$= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk}$$

$$= \text{mol} \times \Delta H_c (C_6H_{12}O_6) - 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c$$

$$(CH_3CHOHCOOH)$$

$$= (2,319 \times -637) - (9,277 \times -325,8)$$

$$= -1477,353 - (-3022,427)$$

$$= 1545,075 \text{ kkal}$$

ΔH produk(asam laktat)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T \\
 &= 78,316 \times 0,5 \times 20 \\
 &= 783,159 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaktan (glukosa)

$$\begin{aligned}
 &= M_{\text{glukosa}} \times C_p \times \Delta T \\
 &= 417,462 \times 0,275 \times 20 \\
 &= 2296,043 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi I} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ\text{C} \\
 &= 783,159 - 2296,043 + 1545,075 \\
 &= 32,191 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaksi II :



Diketahui :

Dari appendik A diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_3\text{CHOHCOOH} \text{ bereaksi} &= 0,847 \text{ kmol} \\
 \text{Ca}(\text{OH})_2 &= 0,423 \text{ kmol} \\
 \text{Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_2 \text{ terbentuk} &= 0,423 \text{ kmol} \\
 \text{H}_2\text{O} \text{ terbentuk} &= 0,847 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

ΔH reaksi pada 25°C :

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk} \\
 &= 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \text{ CH}_3\text{CHOHCOOH} - \text{mol} \times \Delta H_c \\
 &\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}) \\
 &= 1,693 \times (-325,8) - 0 \\
 &= -551,683 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH produk(kalsium laktat) :

$$\begin{aligned}
 &= (M_{\text{kalsium laktat}} \times C_p \times \Delta T) + (M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T) \\
 &= (95,123 \times 0,3 \times 20) + (15,24 \times 0,9995 \times 20) \\
 &= 558,795 + 304,645 \\
 &= 863,44 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaktan(asam laktat) :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T) + (M \text{ Ca(OH)}_2 \times C_p \times \Delta T) \\
 &= (76,199 \times 0,5 \times 20) + (32,326 \times 0,9995 \times 20) \\
 &= 761,993 \quad + 626,241 \\
 &= 1388,207 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi II} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ \text{C} \\
 &= 863,44 - 1388,207 + (-551,683) \\
 &= -1076,045 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaksi III :



Dari appendik A diperoleh :

Ca(CH ₃ CHOHCOOH) ₂ bereaksi =	3,804 x 10 ⁻⁹	kmol
H ₂ SO ₄ =	3,804 x 10 ⁻⁹	kmol
CH ₃ CHOHCOOH terbentuk =	7,607 x 10 ⁻⁹	kmol
CaSO ₄ terbentuk =	3,804 x 10 ⁻⁹	kmol

ΔH reaksi pada 25 °C :

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk} \\
 &= \text{mol} \times \Delta H_c (\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_{\text{Ca}} - 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \\
 &\quad \text{CH}_3\text{CHOHCOOH} \\
 &= (3,804 \times 10^{-9} \times 0) - (1,52 \times 10^{-8} \times -325,8) \\
 &= \quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad (-4,957 \cdot 10^{-6} \quad) \\
 &= 4,957 \cdot 10^{-6} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH produk(kalsium laktat) :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T) + (M_{\text{kalsium sulfat}} \times C_p \times \Delta T) \\
 &= (6,846 \cdot 10^{-7} \times 0,500 \times 20) + (5,175 \cdot 10^{-7} \times 0,2 \times 20) \\
 &= (6,846 \times 10^{-6}) + (2,07 \times 10^{-6}) \\
 &= 8,917 \times 10^{-6} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaktan(asam laktat)

$$\begin{aligned}
 &= (M_{\text{kalsium laktat}} \times C_p \times \Delta T) + (\text{Masam sulfat} \times C_p \times \Delta T) \\
 &= (8,292 \cdot 10^{-7} \times 0,3 \times 20) + (8,73 \cdot 10^{-7} \times 0,2 \times 20) \\
 &= (4,975 \times 10^{-6}) + (1,492 \times 10^{-6}) \\
 &= 6,467 \times 10^{-6} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaksi III

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ\text{C} \\
 &= (8,917 \times 10^{-6}) - (6,467 \times 10^{-6}) + (4,957 \times 10^{-6}) \\
 &= 7,406 \times 10^{-6} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi total} &= \Delta H \text{ reaksi I} + \Delta H \text{ reaksi II} + \Delta H \text{ reaksi III} \\
 &= 32,191 + (-1076,045) + 7,406 \times 10^{-6} \\
 &= -1044,259 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaksi negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas (eksoterm) sehingga diperlukan air pendingin untuk menstabilkan suhu operasi.

$$\begin{aligned}
 H \text{ air pendingin masuk} &= Ma \times Cp \times \Delta T \\
 &= Ma \times 0,999 \times (30 - 25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ air pendingin keluar} &= Ma \times Cp \times \Delta T \\
 &= Ma \times 0,999 \times (45 - 25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang diserap} &= H \text{ air pendingin keluar} - H \text{ air pendingin masuk} \\
 &= [Ma \times 0,999 \times (45 - 25)] - [Ma \times 0,999 \times (30 - 25)] \\
 &= Ma \times 0,999 \times (45 - 30) \\
 &= 14,985 Ma
 \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + \Delta H \text{ reaksi} &= H_{\text{produk}} + Q \text{ yang diserap} \\
 43210,833 + 1075,004 &= 43033,088 + 14,985 Ma \\
 &\quad -14,985 Ma \quad = -1252,749 \\
 Ma &= 83,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$Q \text{ yang diserap} = 1252,749 \text{ kkal}$$

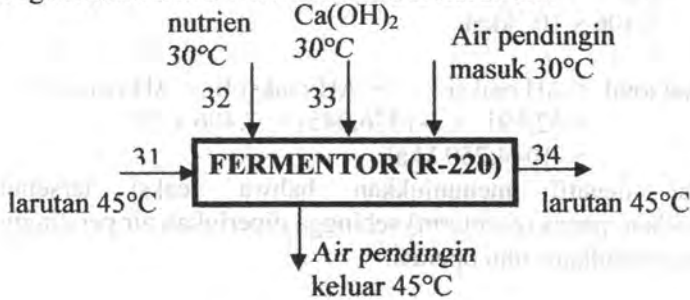
Neraca Panas pada culture tank:

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	43210,833	H produk	43033,088
ΔH reaksi	1075,004	Q yang diserap	1252,749
Total	44285,837	Total	44285,837

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

10. FERMENTOR (R-220)

Fungsi : Untuk memfermentasikan glukosa menjadi asam laktat dengan kultur bakteri *Lactobacillus Delbrueckii*.



Menghitung Entalpi bahan masuk :
Aliran dari sterilisasi

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	18306,048	0,9995	20	365937,898
Xylose	29,660	0,7	20	415,237
Glukosa	3757,161	0,275	20	20664,387
H ₂ SO ₄	3,357x 10 ⁻⁶	0,961	20	6,454 x 10 ⁻⁵
Total	22092,869			387017,521

Aliran dari reaktor starter

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	2049,245	0,9995	20	40964,411
as.laktat	2,117	0,5	20	21,166
ca.laktat	92,286	0,3	20	553,715
biomass	361,914	0,2	20	1447,658

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Appendiks B NERACA PANAS

xylose	3,296	0,7	20	46,137
CaSO ₄	5,175x 10 ⁻⁷	0,2	20	2,07x10 ⁻⁶
Total	2508,858			43033,088

Aliran Ca(OH)₂

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
Ca(OH) ₂	1409,687	0,3	5	2114,530
Total	1409,687			2114,530

Aliran (nutrien)

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
maltsprout	93,929	0,4	5	187,858
(NH ₄) ₂ HPO ₄	62,619	0,4	5	125,239
Total	156,548			313,097

Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (45-25) :$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21041,087	0,995	20	420611,323
as.laktat	97,366	0,5	20	973,658
cal.laktat	4245,147	0,3	20	25470,883
biomass	751,407	0,2	20	3005,627
xylose	32,955	0,7	20	461,375
CaSO ₄	5,179x10 ⁻⁶	0,2	20	2,07 x 10 ⁻⁵
Total	26167,962			450522,866

Menghitung panas reaksi :

Menghitung panas reaksi pada suhu 25 °C :

Reaksi yang terjadi pada fermentor ;

Reaksi I :*L. Delbrueki*

Data panas pembakaran :

$$\Delta H_c (C_6H_{12}O_6) = -637 \text{ kkal/kmol}$$

$$\Delta H_c (CH_3CHOHCOOH) = -325,8 \text{ kkal/kmol}$$

Dari appendik A diperoleh :

$$\text{Glukosa } (C_6H_{12}O_6) \text{ yang bereaksi} = 20,873 \text{ kmol}$$

$$\text{Asam laktat yang terbentuk} = 41,746 \text{ kmol}$$

 ΔH reaksi pada 25 °C :

$$= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk}$$

$$= \text{mol} \times \Delta H_c (C_6H_{12}O_6) - 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c (CH_3CHOHCOOH)$$

$$= 20,873 (-637) - (2 \times 41,746 \times -325,8)$$

$$= -13296,17 - (-27201,847)$$

$$= 13905,671 \text{ kkal}$$

 ΔH produk(asam laktat) :

$$= \text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T$$

$$= 3524,217 \times 0,455 \times 20$$

$$= 32070,377 \text{ kkal}$$

 ΔH reaktan (glukosa) :

$$= \text{Mglukosa} \times C_p \times \Delta T$$

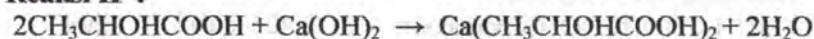
$$= 3757,161 \times 0,275 \times 20$$

$$= 20664,387 \text{ kkal}$$

$$\Delta H \text{ reaksi I} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 32070,377 - 20664,387 + 13905,671$$

$$= 25311,661 \text{ kkal}$$

Reaksi II :


Dari appendik A diperoleh :

$$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} \text{ bereaksi} = 38,1 \text{ kmol}$$

$$\text{Ca}(\text{OH})_2 = 19,05 \text{ kmol}$$

$$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_2 \text{ terbentuk} = 19,05 \text{ kmol}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ terbentuk} = 38,1 \text{ kmol}$$

 ΔH reaksi pada 25°C :

$$= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk}$$

$$= (2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \text{ CH}_3\text{CHOHCOOH}) + (\text{mol} \times \Delta H_c \text{ Ca}(\text{OH})_2) - (\text{mol} \times \Delta H_c \text{ Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO}) + (2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \text{ H}_2\text{O}))$$

$$= [(2 \times 38,1 \times -637) + (19,05 \times 0)] - [(19,05 \times 0) + (2 \times 38,1 \times 0)]$$

$$= (-48538,948) + 0 + 0 + 0$$

$$= -48538,948 \text{ kkal}$$

 ΔH produk(kalsium laktat) :

$$= M_{\text{kalsium laktat}} \times C_p \times \Delta T + M_{\text{Ca}(\text{OH})_2} \times C_p \times \Delta T$$

$$= (4152,861 \times 0,3 \times 20) + (1409,687 \times 0,300 \times 20)$$

$$= 24917,168 + 8458,121$$

$$= 33375,289 \text{ kkal}$$

 ΔH reaktan(asam laktat) :

$$= M_{\text{asam laktat}} \times C_p \times \Delta T + M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T$$

$$= (3428,968 \times 0,5 \times 20) + (685,794 \times 0,9995 \times 20)$$

$$= 34289,681 + 13709,014$$

$$= 47998,695 \text{ kkal}$$

 ΔH reaksi II = ΔH produk - ΔH reaktan + ΔH reaksi pada 25°C

$$= 33375,289 - 47998,695 + (-48538,948)$$

$$= -63162,354 \text{ kkal}$$

Reaksi III :


Dari appendix A diperoleh :

$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_2$ bereaksi=	$3,425 \times 10^{-8}$	kmol
H_2SO_4	=	$3,425 \times 10^{-8}$ kmol
$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ terbentuk	=	$6,852 \times 10^{-8}$ kmol
CaSO_4 terbentuk	=	$3,425 \times 10^{-8}$ kmol

ΔH reaksi pada 25°C :

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk} \\
 &= \text{mol} \times \Delta H_c \text{ Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2 - 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \text{ asam laktat} \\
 &= (3,425 \times 10^{-8} \times 0) - (2 \times 6,852 \times 10^{-8} \times -325,8) \\
 &= 0 - (-4,464 \times 10^{-5}) \\
 &= 4,464 \times 10^{-5} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH produk(asam laktat) :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T + \text{Masam sulfat} \times C_p \times \Delta T \\
 &= [(6,16 \times 10^{-6}) \times 0,5 \times 20] + [(3,357 \times 10^{-6}) \times 0,96126 \times 20] \\
 &= (6,166 \times 10^{-5}) + (6,454 \times 10^{-5}) \\
 &= 0,0001 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaktan(kalsium laktat) :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Mkalsium laktat} \times C_p \times \Delta T + \text{Mair} \times C_p \times \Delta T \\
 &= [(7,468 \times 10^{-6}) \times 0,3 \times 20] + [(6,166 \times 10^{-7}) \times 0,9995 \times 20] \\
 &= (4,481 \times 10^{-5}) + (1,323 \times 10^{-5}) \\
 &= 5,713 \times 10^{-5} \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi III} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H \text{ reaksi pada } 25^\circ\text{C} \\
 &= 0,0001 - (5,713 \times 10^{-5}) + (4,464 \times 10^{-5}) \\
 &= 0,0001 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi total} &= \Delta H \text{ reaksi I} + \Delta H \text{ reaksi II} + \Delta H \text{ reaksi III} \\
 &= 25311,661 + (-63162,354) + 0,0001 \\
 &= -37850,693 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

ΔH reaksi negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas (eksoterm) sehingga diperlukan air pendingin untuk menstabilkan suhu operasi.

$$\begin{aligned}
 H \text{ air pendingin masuk} &= Ma \times Cp \times \Delta T \\
 &= Ma \times 0,999 \times (30-25) \\
 H \text{ air pendingin keluar} &= Ma \times Cp \times \Delta T \\
 &= Ma \times 0,999 \times (45-25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang diserap} &= H \text{ air pendingin keluar} - H \text{ air pendingin masuk} \\
 &= [Ma \times 0,999 \times (45-25)] - [Ma \times 0,999 \times (30-25)] \\
 &= Ma \times 0,999 \times (45-30) \\
 &= 14,985 Ma
 \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + \Delta H_{\text{reaksi}} &= H_{\text{produk}} + Q \text{ yang diserap} \\
 432478,236 + 37850,693 &= 450522,866 + 14,985 Ma \\
 -14,985 \times Ma &= -19806,063 \\
 Ma &= 1321,726 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

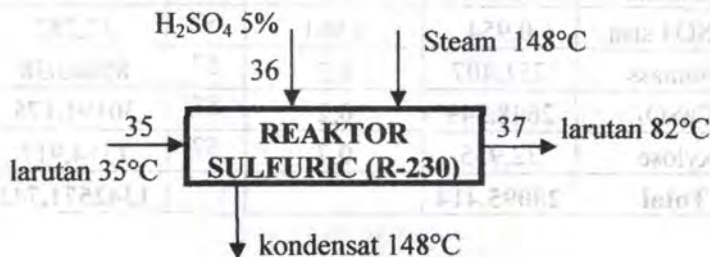
$$Q \text{ yang diserap} = 19806,063 \text{ kkal}$$

Neraca Panas pada Fermentor :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	432478,236	H produk	450522,866
ΔH reaksi	37850,693	Q yang diserap	19806,063
Total	470328,929	Total	470328,929

11. REAKTOR SULFURIC (R-230)

Fungsi : Mengubah semua sisa kalsium laktat menjadi asam laktat dengan penambahan H_2SO_4 5%.



**Menghitung Entalpi bahan masuk :**

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (45-25) ^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
CaSO ₄	5,179 x 10 ⁻⁶	0,2	10	1,035x10 ⁻⁵
H ₂ O	21041,087	0,995	10	210305,662
As.laktat	97,366	0,5	10	486,829
Cal.laktat	4245,147	0,3	10	12735,441
Biomass	751,407	0,2	10	1502,814
xylose	32,955	0,7	10	230,687
Total	26167,962			225261,433

Menghitung bahan masuk tambahan :

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ SO ₄	1927,453	0,961	5	9263,915
Total	1927,453			9263,915

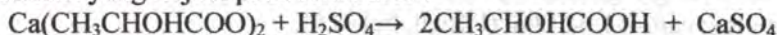
Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (82-25)$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	21059,216	0,9995	57	1199775,136
As.laktat	3602,533	0,5	57	102672,194
H ₂ SO ₄ sisa	0,954	0,961	57	52,282
biomass	751,407	0,2	57	8566,038
CaSO ₄	2648,349	0,2	57	30191,175
xylose	32,955	0,7	57	1314,917
Total	28095,414			1342571,742

Menghitung panas reaksi :

Reaksi yang terjadi pada fermentor :



Dari appendix A diperoleh :

$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2$ bereaksi	=	19,473 kmol
H_2SO_4	=	19,473 kmol
$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ terbentuk	=	38,946 kmol
CaSO_4 terbentuk	=	19,473 kmol

 ΔH reaksi pada 25°C

$$= \Delta H_c \text{ reaktan} - \Delta H_c \text{ produk}$$

$$= \text{mol} \times \Delta H_c \text{ Ca}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2 - 2 \times \text{mol} \times \Delta H_c \text{ asam lakt}$$

$$= (19,473 \times 0) - (2 \times 38,946 \times -325,8)$$

$$= 0 - (-25377,412)$$

$$= 25377,412 \text{ kkal}$$

 ΔH produk (asam laktat) :

$$= \text{Masam laktat} \times C_p \times \Delta T + \text{Mkalsium sulfat} \times C_p \times \Delta T$$

$$= (3505,167 \times 0,5 \times 55) + (4245,147 \times 0,2 \times 55)$$

$$= 96392,103 + 46696,619$$

$$= 143088,721 \text{ kkal}$$

 ΔH reaktan (kalsium laktat) :

$$= \text{Mkalsium laktat} \times C_p \times \Delta T + \text{Masam sulfat} \times C_p \times \Delta T$$

$$= (4245,147 \times 0,3 \times 20) + (1908,369 \times 0,961 \times 55)$$

$$= 25470,883 + 100894,128$$

$$= 126365,011 \text{ kkal}$$

 ΔH reaksi = ΔH produk - ΔH reaktan + ΔH reaksi pada 25°C

$$= 143088,721 - 126365,011 + 25377,412$$

$$= 42101,122 \text{ kkal}$$

ΔH reaksi positif menunjukkan reaksi tersebut memerlukan panas (endoterm) sehingga ditambahkan steam agar bahan tersebut dapat bereaksi.

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426).

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kkal/kg)	Hv (kkal/kg)	λ (kkal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$Q_{\text{suplay}} = M_s \times \lambda$$

$$= M_s \times 519,644 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 0,05 \times Q_{\text{suplay}}$$

$$= 0,05 \times (M_s \times 519,644)$$

$$= 25,982 \times M_s \text{ kkal}$$

Neraca panas total :

$$H_{\text{feed}} + \Delta H_{\text{reaksi}} + Q_{\text{suplay}} = H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}}$$

$$234525,348 + 42101,122 + (519,644M_s) = 1342571,742 + (25,982M_s)$$

$$493,662 \times M_{\text{steam}} = 1065945,272$$

$$M_{\text{steam}} = 2159,261 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$Q_{\text{suplay}} = 1122047,2 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 56101,929 \text{ kkal}$$

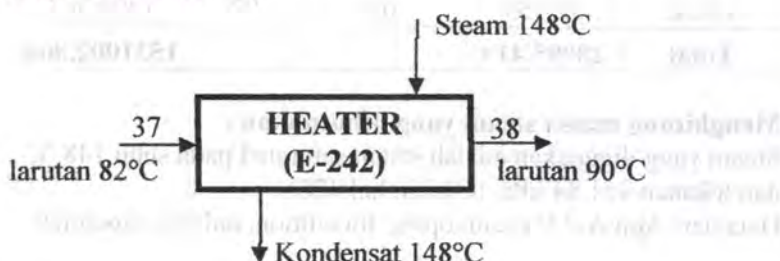
Neraca panas di sulfuric tank :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	234525.348	H produk	1342571,742
ΔH reaksi	42101,122	Qloss	56101,929
Qsuplay	1122047,2		
Total	1398673,67	Total	1398673,67

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

12. HEATER (E-242)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu bahan masuk yang menuju ke rotary vacum filter.



Menghitung Entalpi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (82-25)^{\circ}\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (oC)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21059,216	0,9995	57	1199775,136
As.laktat	3602,533	0,5	57	102672,194
H ₂ SO ₄ sisa	0,954	0,961	57	52,282
biomass	751,407	0,2	57	8566,038
CaSO ₄	2648,349	0,2	57	30191,175
xylose	32,955	0,7	57	1314,917
Total	28095,414			1342571,742

Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (90-25)^{\circ}\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (oC)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21059,216	0,9995	65	1368164,629
As.laktat	3602,533	0,5	65	117082,327

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

H ₂ SO ₄ sisa	0,954	0,961	65	59,619
biomass	751,407	0,2	65	9768,289
CaSO ₄	2648,349	0,2	65	34428,533
xylose	32,955	0,7	65	1499,467
Total	28095,414			1531002,864

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kcal/kg)	λ (kcal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$Q_{\text{suplay}} = M_s \times \lambda$$

$$= M_s \times 519,644 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{suplay}}$$

$$= 0,05 \times (M_s \times 519,644)$$

$$= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg}$$

Neraca panas total :

$$H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} = H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}}$$

$$1342571,742 + (519,644M_s) = 1531002,864 + (25,982M_s)$$

$$493,662 \times M_{\text{steam}} = 188431,122$$

$$M_{\text{steam}} = 381,701 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$Q_{\text{suplay}} = 198348,634 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 9917,512 \text{ kkal}$$

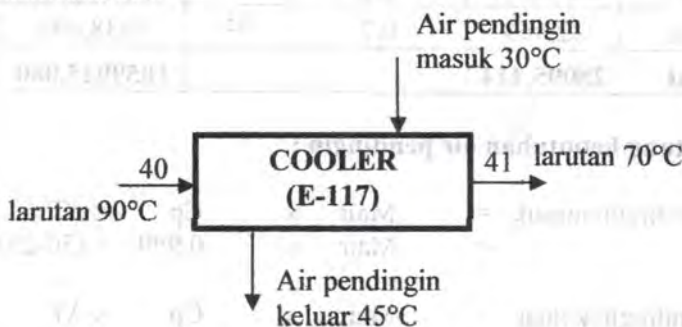
Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Neraca panas di heater :

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H feed	1342571,742	H produk	1531002,864
Qsplay	198348,634	Qloss	9917,512
Total	1540920,376	Total	1540920,376

13. COOLER (E-117)

Fungsi : Untuk mendinginkan larutan yang akan menuju elektrodialisis.


Menghitung Entalpi bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (90-25) ^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kcal)
H ₂ O	21059,216	0,9995	65	1368164,629
As.laktat	3602,533	0,500	65	117082,327
H ₂ SO ₄ sisa	0,954	0,961	65	59,619
biomass	751,407	0,2	65	9768,289
CaSO ₄	2648,349	0,2	65	34428,533
xylose	32,955	0,7	65	1499,467
Total	28095,414			1531002,864



Menghitung Entalpi bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (70-25) ^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg ^o C)	ΔT (°C)	Enthalpi (kkal)
H ₂ O	21059,216	0,9995	45	947190,897
As.laktat	3602,533	0,500	45	81056,996
H ₂ SO ₄ sisa	0,954	0,961	45	41,275
biomass	751,407	0,2	45	6762,662
CaSO ₄	2648,349	0,2	45	23835,138
xylose	32,955	0,7	45	1038,093
Total	28095,414			1059925,060

Menghitung kebutuhan air pendingin :

$$\begin{aligned} H \text{ air pendingin masuk} &= M_{air} \times C_p \times \Delta T \\ &= M_{air} \times 0,999 \times (30-25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ air pendingin keluar} &= M_{air} \times C_p \times \Delta T \\ &= M_{air} \times 0,999 \times (45-25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diserap} &= H \text{ air pendingin keluar} - H \text{ air pendingin masuk} \\ &= [M_{air} \times 0,999 \times (45-25)] - [M_{air} \times 0,999 \times (30-25)] \\ &= M_{air} \times 0,999 \times (45-30) \\ &= 14,985 M_{air} \end{aligned}$$

Neraca Panas :

$$\begin{aligned} H \text{ feed} &= H \text{ produk} + Q \text{ yang diserap} \\ 1531002,864 &= 1059925,060 + (14,985 M_{air}) \\ M_{air} \times (-14,985) &= -471077,804 \\ M_{air} &= 31436,623 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga :

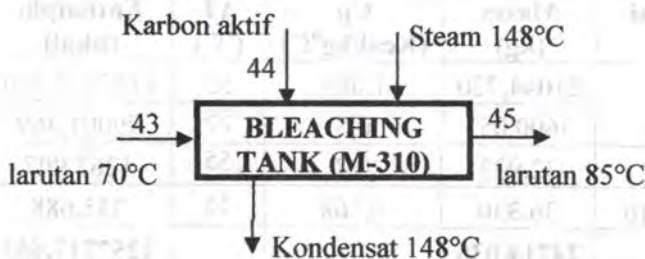
$$Q \text{ yang diserap} = 471077,804 \text{ kkal}$$

Neraca panas di cooler :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Hfeed	1531002,864	Hproduk	1059925,060
		Q yang diserap	471077,804
Total	1531002,864	Total	1531002,864

14. BLEACHING TANK (M-310)

Fungsi : Untuk menyerap warna larutan calcium laktat dengan menggunakan karbon aktif, dengan suhu 85°C selama 20 menit


Menghitung enthalpy bahan masuk :

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (70-25)$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21044,720	1,003	45	950137,563
As.laktat	3600,053	0,5	45	81001,202
xylose	32,933	0,7	45	1037,378
Total	24677,707			1032176,143

Menghitung bahan masuk tambahan :

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
Karbon aktif	36,330	0,168	5	30,517
Total	36,330			30,517

Menghitung enthalpy bahan keluar :

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (85-25)^\circ\text{C}$$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg°C)	ΔT (°C)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21044,720	1,003	55	1157112,390
As.laktat	3600,053	0,5	55	99001,469
xylose	32,933	0,7	55	1267,907
karbon aktif	36,330	0,168	55	335,688
Total	24714,036			1257717,453

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148 °C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T (°C)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kkal/kg)	λ (kkal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= M_{\text{steam}} \times \lambda \\
 &= M_{\text{steam}} \times 519,644 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Appendiks B NERACA PANAS

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{suplay}} \\
 &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_s \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 1032206,660 + 519,644 \times M_s &= 1257717,453 + 25,982 \times M_s \\
 493,662 \times M_{\text{steam}} &= 225510,793 \\
 M_{\text{steam}} &= 456,812 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

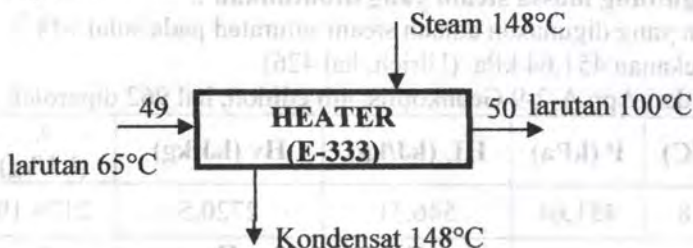
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 237379,615 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 11868,822 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di Bleaching tank:

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	1032206,660	H produk	1257717,453
Qsuplay	237379,615	Qloss	11868,822
Total	1269586,275	Total	1269586,275

15. HEATER (E-333)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu bahan masuk yang menuju ke evaporator.



**Menghitung enthalpy bahan masuk :** ΔT bahan keluar = $(65-25)^{\circ}\text{C}$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21044,720	0,9995	35	736344,248
As.laktat	3600,053	0,5	35	63000,935
xylose	32,933	0,7	35	806,850
karbon aktif	36,330	0,168	35	213,620
Total	24714,036			800365,652

Menghitung enthalpy bahan keluar : ΔT bahan keluar = $(100-25)^{\circ}\text{C}$

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Enthalphi (kkal)
H ₂ O	21044,720	0,9995	75	1577880,531
As.laktat	3600,053	0,5	75	135002,003
xylose	32,933	0,7	75	1728,964
Karbon aktif	36,330	0,168	75	457,756
Total	24714,036			1715069,254

Menghitung massa steam yang dibutuhkan :

Steam yang digunakan adalah steam saturated pada suhu 148°C dan tekanan 451,64 kPa (Ulrich, hal 426)

Data dari App.A-2-9 Geankoplis, 4th edition, hal 962 diperoleh :

T ($^{\circ}\text{C}$)	P (kPa)	HL (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)	λ (kJ/kg)
148	451,64	546,31	2720,5	2174,19
		HL (kcal/kg)	Hv (kkal/kg)	λ (kkal/kg)
		130,571	650,215	519,644

$$Q_{\text{suplay}} = M_{\text{steam}} \times \lambda$$

$$= 519,644 \times M_{\text{s}} \text{ kkal}$$

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Appendiks B NERACA PANAS

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times (H_{\text{steam}} - H_{\text{kondensat}}) \\
 &= 0,05 \times (M_s \times 519,644) \\
 &= 25,982 \times M_s \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas total :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{feed}} + Q_{\text{suplay}} &= H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} \\
 800365,652 + 519,644M_s &= 1715069,254 + 25,982M_s \\
 493,662 \times M_{\text{steam}} &= 914703,602 \\
 M_{\text{steam}} &= 1852,895 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

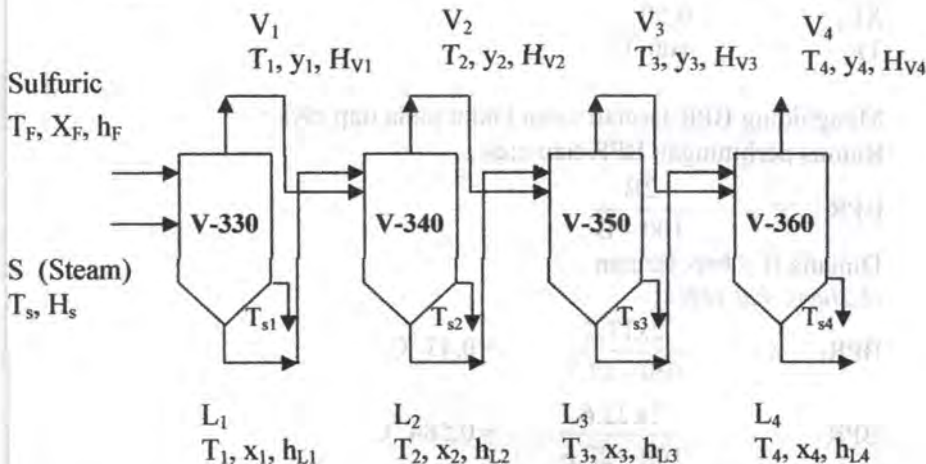
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{suplay}} &= 962845,507 \text{ kkal} \\
 Q_{\text{loss}} &= 48141,905 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di heater :

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H feed	800365,652	H produk	1715069,254
Qsuplay	962845,507	Qloss	48141,905
Total	1763211,159	Total	1763211,159

16. EVAPORATOR (V-330 ; V-340; V-350; V-360)

Fungsi : Untuk memekatkan larutan asam laktat dari 15% menjadi 50%.



Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Steam yang digunakan bertekanan 451,64 kPa, dari data steam table padat diketahui :

T	=	148 °C
HL	=	130,571 kcal/kg
Hv	=	650,215 kcal/kg
λ	=	519,644 kcal/kg

Kondisi operasi pada efek IV :

T	=	55 °C
P	=	15,758 kPa
HL	=	230,230 kcal/kg
Hv	=	2600,900 kcal/kg
λ	=	2370,670 kcal/kg

Dari Appendiks A diketahui :

F	=	24786,142 kg/hari
XF	=	0,15
XL ₁	=	0,177
XL ₂	=	0,226
XL ₃	=	0,311
XL ₄	=	0,50
TF	=	100 °C

Menghitung BPR larutan asam laktat pada tiap efek :

Rumus perhitungan BPR tiap efek :

$$BPR = \frac{2B}{100 - B}$$

Dimana B = brix larutan
(E.Hugot, hal 429)

$$BPR_1 = \frac{2 \times 17,7}{100 - 17,7} = 0,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$BPR_2 = \frac{2 \times 22,6}{100 - 22,6} = 0,584 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$BPR_3 = \frac{2 \times 31,1}{100 - 31,1} = 0,903 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$BPR_4 = \frac{2 \times 50}{100 - 50} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jumlah ΔT available :

$$\begin{aligned} &= T_{s1} - T_4 + (BPR 1 + BPR 2 + BPR 3 + BPR 4) \\ &= 130 - 53 + 3,917 \\ &= 80,917 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Untuk short tube vertical evaporator, harga U berkisar antara 200-500 Btu/h.ft².0F. (Geankoplis 4th edition, hal 534).

$$U_1 = 450 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 2555,235 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_2 = 400 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 2271,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_3 = 300 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 1703,49 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_4 = 200 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} = 1135,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Sehingga :

$$\frac{1}{U_1} = 0,0004 \text{ kkal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{U_2} = 0,0004 \text{ kkal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{U_3} = 0,001 \text{ kkal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{U_4} = 0,001 \text{ kkal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= \frac{\Delta T_{\text{available}} \times \frac{1}{U_1}}{\left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{1}{U_4}\right)} \\
 &= \frac{80,917 \times 0,00039}{0,002} \\
 &= 13,773 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_2 &= \frac{\Delta T_{\text{available}} \times \frac{1}{U_2}}{\left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{1}{U_4}\right)} \\
 &= \frac{80,917 \times 0,00044}{0,002} \\
 &= 15,495 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_3 &= \frac{\Delta T_{\text{available}} \times \frac{1}{U_3}}{\left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{1}{U_4}\right)} \\
 &= \frac{80,917 \times 0,00058}{0,002} \\
 &= 20,66 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_4 &= \frac{\Delta T_{\text{available}} \times \frac{1}{U_4}}{\left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{1}{U_4}\right)} \\
 &= \frac{80,951 \times 0,00088}{0,002} \\
 &= 30,989 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Asumsi :

Karena feed yang masuk ke efek I dingin maka, pada efek ini dibutuhkan panas berlebih dengan cara menaikkan ΔT_1 dan menurunkan ΔT_2 , ΔT_3 dan ΔT_4 .

Sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= 14,933 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \Delta T_2 &= 14,335 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \Delta T_3 &= 18,66 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \Delta T_4 &= 28,589 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Menghitung aktual boiling point tiap efek :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{s1} - \Delta T_1 \\ &= 130 - 14,933 \\ &= 115,067^\circ\text{C} \\ T_{s1} &= 130 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \\ T_2 &= T_1 - BPR_1 - \Delta T_2 \\ &= 115,067 - 0,43 - 14,335 \\ &= 100,302^\circ\text{C} \\ T_{s2} &= T_1 - BPR_1 \\ &= 100,302 - 0,43 \\ &= 114,637 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \\ T_3 &= T_2 - BPR_2 - \Delta T_3 \\ &= 100,302 - 0,584 - 18,66 \\ &= 81,058 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{s3} &= T_2 - BPR_2 \\ &= 81,058 - 0,584 \\ &= 99,718 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \\ T_4 &= T_3 - BPR_3 - \Delta T_4 \\ &= 81,058 - 0,903 - 28,589 \\ &= 51,566 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{s4} &= T_3 - BPR_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 81,058 - 0,903 \\
 &= 80,156 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{S_5} &= T_{S_4} - \Delta T_4 \\
 &= 80,156 - 28,589 \\
 &= 51,566 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Maka temperatur pada tiap efek :

Efek I	Efek II	Efek III	Efek IV	Kondensat
$T_{S_1} = 130^\circ\text{C}$	$T_{S_2} = 114,637^\circ\text{C}$	$T_{S_3} = 99,718^\circ\text{C}$	$T_{S_4} = 80,156 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{S_5} = 51,556^\circ\text{C}$
$T_1 = 115,067^\circ\text{C}$	$T_2 = 100,302^\circ\text{C}$	$T_3 = 81,058^\circ\text{C}$	$T_4 = 51,556^\circ\text{C}$	

Menghitung kapasitas panas tiap efek :

$$C_p \text{ larutan} = 4,19 - 2,35x \text{ (Geankoplis 4th edition, hal 546)}$$

Dimana, x = fraksi larutan.

$$\begin{aligned}
 F : \quad C_p &= 4,19 - 2,35 \times 0,146 \\
 &= 3,847 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,919 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_1 : \quad C_p &= 4,19 - 2,35 \times 0,177 \\
 &= 3,773 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,902 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_2 : \quad C_p &= 4,19 - 2,35 \times 0,226 \\
 &= 3,695 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,875 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_3 : \quad C_p &= 4,19 - 2,35 \times 0,311 \\
 &= 3,459 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,827 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_4 : \quad C_p &= 4,19 - 2,35 \times 0,50 \\
 &= 3,015 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,721 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Nilai entalpi tiap efek diperoleh dengan interpolasi dari steam table Geankoplis :

	T	HL	Hv	λ
Ts1	130,000	130,571	650,215	519,644
T1	115,067	106,987	642,095	535,108
Ts2	114,637	106,552	641,936	535,384
T2	100,302	94,028	637,278	543,250
Ts3	99,718	93,440	637,055	543,615
T3	81,058	77,266	630,747	553,481
Ts4	80,156	76,361	630,384	554,023
T4	51,566	56,685	620,225	563,540
Ts5	51,566	56,685	620,225	563,540

Neraca Panas :

Efek I

$$\begin{aligned}
 H_1 &= H_{v2} + 1,884 \times \text{BPR1} \\
 &= 641,936 + 1,884 \times 0,43 \\
 &= 642,746 \text{ kcal/kg} \\
 \lambda_{s1} &= H_{v1} - HL_1 \\
 &= 646,746 - 120,309 \\
 &= 526,08 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Efek II

$$\begin{aligned}
 H_2 &= H_{v3} + 1,884 \times \text{BPR2} \\
 &= 637,055 + 1,884 \times 0,584 \\
 &= 638,155 \text{ kcal/kg} \\
 \lambda_{s2} &= H_{v2} - HL_2 \\
 &= 641,936 - 106,552 \\
 &= 535,384 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Efek III

$$\begin{aligned}
 H_3 &= H_{v4} + 1,884 \times \text{BPR3} \\
 &= 630,384 + 1,884 \times 0,917
 \end{aligned}$$

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

$$\begin{aligned}
 &= 632,85 \text{ kcal/kg} \\
 \lambda s_3 &= H_{v_3} - HL_3 \\
 &= 637,055 - 93,44 \\
 &= 543,615 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Efek IV

$$\begin{aligned}
 H_4 &= H_{v_5} + 1,884 \times \text{BPR4} \\
 &= 620,225 + 1,884 \times 2 \\
 &= 623,993 \text{ kcal/kg} \\
 \lambda s_4 &= H_{v_4} - HL_4 \\
 &= 630,384 - 76,361 \\
 &= 554,023 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Persamaan dari App A adalah :

$$F = V_1 + L_1$$

$$24677,343 = 4369,336 + L_1 \quad ; L_1 = 20308,008$$

$$L_1 = V_2 + L_2$$

$$20308,008 = 4369,336 + L_2 \quad ; L_2 = 15938,672$$

$$L_2 = V_3 + L_3$$

$$15938,672 = 4369,336 + L_3 \quad ; L_3 = 11569,336$$

$$L_3 = V_4 + L_4$$

$$11569,336 = 4369,336 + L_4 \quad ; L_4 = 7200,001$$

Neraca Panas di evaporator :**Efek I**

$$\begin{aligned}
 F \times C_p \times (T_f - T_{ref}) + S \times \lambda s_1 = L_1 \times C_p \times (T_1 - T_{ref}) + V_1 \times H_1 + 0,05(S \times \lambda s) \\
 1701805,699 + S \times 499,776 = (73,745 \times L_1) + (24677,343 - L_1) \times 642,746 \\
 1701805,699 + 499,776 \times S = 73,745 L_1 + 15861272,835 - 642,746 L_1 \\
 1701805,699 + 499,776 S = -569,001 L_1 + 15861272,835 \\
 \mathbf{569,001 L_1 + 499,776 S = 14159467,137 \dots (Persaman 1)}
 \end{aligned}$$

Efek II

$$L_1 \times Cp_1 \times (T_1 - \text{Treff}) + V_1 \times \lambda s_2 = L_2 \times Cp_2 \times (T_2 - \text{Treff}) + V_2 \times H_2 + 0,05(V_1 \times \lambda s_2)$$

$$73,745L_1 + 24677,343 - L_1 \times 508,615 = 62,156L_2 + (L_1 - L_2) \times 638,155$$

$$1073,025 L_1 + 575,999 L_2 = -12551261,998 \dots (\text{Persamaan 2})$$

Efek III

$$L_2 \times Cp_2 \times (T_2 - \text{Treff}) + V_2 \times \lambda s_3 = L_3 \times Cp_3 \times (T_3 - \text{Treff}) + V_3 \times H_3 + 0,05(V_2 \times \lambda s_3)$$

$$62,156L_2 + (L_1 - L_2) \times 516,434 = 43,175L_3 + (L_2 - L_3) \times 632,085$$

$$516,434L_1 + -454,278L_2 = -588,909L_3 + 632,085L_2$$

$$516,434L_1 + -1086,363L_2 + 588,909L_3 = 0 \dots (\text{Persamaan 3})$$

Efek IV

$$L_3 \times Cp_3 \times (T_3 - \text{Treff}) + V_3 \times \lambda s_4 = L_4 \times Cp_4 \times (T_4 - \text{Treff}) + V_4 \times H_4 + 0,05(V_3 \times \lambda s_4)$$

$$43,175L_3 + (L_2 - L_3) \times 526,322 = 19,144L_4 + (L_3 - L_4) \times 623,995$$

$$526,322L_2 + -483,146 L_3 = -604,849L_4 + 623,993L_3$$

$$-1107,139L_3 = -4354915,39 - 526,322L_2$$

$$L_3 = 3933,484 - (-0,475L_2)$$

$$L_3 = 3933,484 + 0,475L_2 \dots (\text{Persamaan 4})$$

Substitusi persamaan IV ke persamaan III :

$$516,434L_1 + (-1086,363)L_2 + 588,909L_3 = 0$$

$$516,434L_1 - 1086,363 L_2 = -588,909L_3$$

$$516,434L_1 - 1086,363L_2 = -2316465,563 + (-279,961)L_2$$

$$516,434L_1 + (-806,402 \times L_2) = -2316465,563 \dots (\text{Persamaan 5})$$

Eliminasi persamaan 2 dan persamaan 5 :

Pers 2 : $-1073,025L_1 + 575,999L_2 = -12551261,998$

Pers 5 : $516,434 L_1 - 806,402L_2 = -2316465,563$

Sehingga :

$$-1502,241L_1 + 806,402L_2 = -17571834,636$$

$$516,434 L_1 - 806,402L_2 = -2316465,563$$

Sehingga :

$$-985,807L_1 = -19888300,199$$

$$L_1 = 20174,644$$

$$-1073,025L_1 + 575,999 L_2 = -12551261,998$$

$$-21647900,287 + 575,999L_2 = -12551261,998$$

$$575,999L_2 = 9096638,289$$

$$L_2 = 15792,794$$

$$L_3 = 11441,205$$

$$L_4 = 7200,001$$

$$569,001 L_1 + 499,776S = 14159467,137$$

$$11479402,612 + 499,776S = 14159467,137$$

$$499,776S = 2680064,524$$

$$S = 5362,531$$

Sehingga :

$$V_1 = 4502,699$$

$$V_2 = 4381,850$$

$$V_3 = 4351,589$$

$$V_4 = 4241,204$$

Menghitung Q :

$$\begin{aligned} Q_1 &= S \times \lambda s_1 \\ &= 1,439 \times 526080 \\ &= 783644,598W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= V_1 \times \lambda s_2 \\ &= 1,251 \times 535384 \\ &= 669631,406W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= V_2 \times \lambda s_3 \\ &= 1,217 \times 543615 \\ &= 661677,645W \end{aligned}$$

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan
 Proses Fermentasi

Appendiks B NERACA PANAS

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= V_3 \times \lambda s_4 \\
 &= 1,209 \times 554023 \\
 &= 669689,046W
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : } A_1 &= \frac{Q_1}{U_1 \times \Delta T_1} \\
 &= \frac{783644,598}{2555,232 \times 13,231} \\
 &= 23,179 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= \frac{Q_2}{U_2 \times \Delta T_2} \\
 &= \frac{669631,408}{2271,32 \times 12,42} \\
 &= 23,738 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= \frac{Q_3}{U_3 \times \Delta T_3} \\
 &= \frac{661677,645}{1703,49 \times 16,106} \\
 &= 24,116 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_4 &= \frac{Q_4}{U_4 \times \Delta T_4} \\
 &= \frac{669689,046}{1135,6 \times 24,76} \\
 &= 23,817 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga : } A_m = 23,712 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Steam economi} &= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{S} \\
 &= \frac{4502,699 + 4381,85 + 4351,589 + 4241,204}{5362,531} \\
 &= 3,259
 \end{aligned}$$

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

Neraca Panas di evaporator :

MASUK (KKAL)		KELUAR (KKAL)	
EFEK 1			
Qsuplay = $M_s \times \lambda_s$	2680064,524	H bahan keluar = L_1	1487776,703
Hfeed = $F \times C_{pF} \times (T_F - T_{reff})$	1708692,447	$\times C_{pL1} \times (T_1 - T_{reff})$	
		Hvapour = $V_1 \times H_1$	2894093,520
		Qloss =	
		$0,05(M_s \times \lambda_s)$	141056,028
Total	4381870,223	Total	4381870,223
EFEK 2			
Hbahan masuk = $L_1 \times C_{pL1} \times (T_1 - T_{reff})$	1487776,703	Hbahan keluar = L_2	981615,516
Qsuplay = $V_1 \times \lambda_{s2}$	2290139,410	$\times C_{pL2} \times (T_2 - T_{reff})$	
		Hvapour = $V_2 \times H_2$	2796300,597
		Qloss =	
		$0,05(V_1 \times \lambda_{s2})$	120533,653
Total	3777916,113	Total	3777916,113
EFEK 3			
Hbahan masuk = $L_2 \times C_{pL2} \times (T_2 - T_{reff})$	981615,516	Hbahan keluar = L_3	493979,622
Qsuplay = $V_2 \times \lambda_{s3}$	2262937,547	$\times C_{pL3} \times (T_3 - T_{reff})$	
		Hvaporr = $V_3 \times H_3$	2750573,441
		Qloss =	
		$0,05(V_2 \times \lambda_{s3})$	119101,976
Total	3244553,063	Total	3244553,063
EFEK 4			
Hbahan masuk = $L_3 \times C_{pL3} \times (T_3 - T_{reff})$	493979,622	Hbahan keluar = L_4	137834,706
Qsuplay = $V_3 \times \lambda_{s4}$	2290336,538	$\times C_{pL4} \times (T_4 - T_{reff})$	
		Hvapour = $V_4 \times H_4$	2646481,454
		Qloss =	
		$0,05(V_3 \times \lambda_{s4})$	120544,028
Total	2784316,160	Total	2784316,160

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan Proses Fermentasi

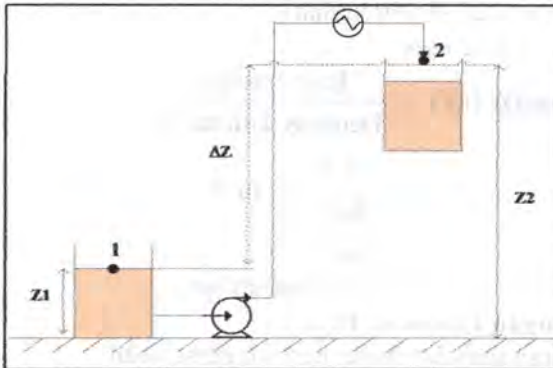
APPENDIKS C SPESIFIKASI PERALATAN

$$\text{Kapasitas produk Asam Laktat} = 1188 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} = 3600 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$\text{Bahan baku tongkol jagung} = 9282,801 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

1. Pompa

Fungsi : Untuk memompa slurry dari tangki sterilisasi ke fermentor.



Compos isi	Massa	fraksi	μ	Fraksi x C_p	Densita s	Volume
H ₂ O	101700,266	0,829	0,99	0,828	0,994	84777,027
Xylose	164,777	0,001	0,11	0,001	1,535	0,144
glukosa	20873,118	0,17	0,11	0,047	1,544	2299,046
H ₂ SO ₄	$1,86 \times 10^{-5}$	$1,51 \cdot 10^{-10}$	1,2	$1,46 \cdot 10^{-10}$	1,018	$2,78 \cdot 10^{-15}$
Total	122738,160			0,876		87076,218

$$\begin{aligned} \rho \text{ larutan} &= \frac{\text{massa laru tan}}{\text{volume laru tan}} \\ &= \frac{122738,16}{87076,218} \text{ kg/ltr} \\ &= 1409,549 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\mu \text{ larutan} = \frac{\mu_1 \cdot m_1 + \mu_2 \cdot m_2 + m_3 \cdot \mu_3 + m_4 \cdot \mu_4 + m_5 \cdot \mu_5 + \mu_6 \cdot m_6}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ larutan} &= 0,839 \text{ cp} \\ &= 0,001 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

Menentukan flow rate (Q)

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 122738,160 \text{ kg/hari} \\ &= 1,42 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Qf)} &= \frac{\text{Rate massa}}{\text{Densitas laru tan}} \\ &= \frac{1,42}{1409,549} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,001 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 15,976 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Diameter Pipa

Asumsi aliran turbulen maka berlaku persamaan

$$\begin{aligned} \text{DI optimum} &= 3,90 \times Qf^{0,45} \times \rho^{-0,13} \\ &= 3,90 \times 0,0045 \times 2,567 \\ &= 0,005 \text{ m} \end{aligned}$$

(Timmerhause, hal 496)

Ditetapkan diameter nominal = 3 in sch 40

Dari APP A.5.1 Geankoplis hal 892 didapat :

Pipa nominal 3 in sch 40

$$\text{OD} = 88,90 \text{ mm} = 0,089 \text{ m}$$

$$\text{ID} = 77,92 \text{ mm} = 0,078 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang} &= 0,0513 \text{ ft}^2 \\ &= 0,005 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{A pipa} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,005 \text{ m}^2.$$

Pipa standart dari bahan baku comercial steel pipe

Check jenis aliran ($N_{re} < 2100$ aliran laminer, $2100 < N_{re} < 4000$ aliran transisi, $N_{re} > 4000$ aliran turbulent)

Kecepatan Larutan Linier (V)

$$\begin{aligned}V &= \frac{\text{Ratevolumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,001}{0,005} \\ &= 0,211 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan } N_{re} &= \frac{\rho \times ID \times V}{\mu} \\ &= \frac{1409,509 \times 0,078 \times 0,211}{0,001} \\ &= 27675,819\end{aligned}$$

$N_{re} > 4000$ maka termasuk aliran turbulen

b. Perhitungan Friction Losses**1. Contraction Loss****a. (Sudden contraction)**

$$\begin{aligned}K_c &= 0,55 \times (1 - A_2/A_1) [(A_1 \gg A_2, A_2/A_1 = 0)] \\ &= 0,55 \times (1 - 0) \\ &= 0,55 \text{ (Geankoplis 3rd ed, hal 96)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_c &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha}, \text{ karena aliran turbulen maka } \alpha = 1 \\ &= \frac{0,55 \times (0,211)^2}{2 \times 1} \\ &= 0,0123 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

b. friksi karena pipa lurus.

$$D = 0,078 \text{ m}$$

$$N_{re} = 27675,819$$

Asumsi : Dipilih bahan konstruksi commercial steel maka dari Geankoplis fig 2.10-3, hal 88, maka :

$$\varepsilon = 4,60 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4,6 \times 10^{-5}}{0,078} = 0,001 \text{ m}$$

Untuk aliran laminar $f = 27675,819$ diperoleh fanning factor
 $f = 0,007$ (Geankoplis, figure 2.10-3, hal 88)

Panjang pipa lurus :

Panjang pipa dari tangki penampung ke pompa = 3 m

$$Ff = 4fx \frac{LxV^2}{Dx2} \quad (\text{Geankoplis pers 2.10-6})$$

$$Ff = 4x0,007 \frac{3x(0,211)^2}{0,078x2}$$

$$= 0,0001 \text{ J/kg}$$

c. Friksi karena gate valve

Untuk Gate valve (wide open), $k_f = 0,17$

$$hf = \frac{\sum KfxV^2}{2}$$

$$= \frac{0,17x(0,2)^2}{2}$$

$$= 0,0038 \text{ J/kg}$$

$$\text{Total friksi bagian suction} = hc + Ff + hf$$

$$= 0,0123 + 0,0001 + 0,0038$$

$$= 0,0162 \text{ J/kg}$$

2. Friksi bagian Discharge

a. Friksi karena pipa lurus

Panjang pipa lurus :

Panjang pipa dari pompa ke elbow 1 = 1.5 m

Panjang pipa dari elbow 1 ke elbow 2 = 12 m

Panjang pipa dari elbow 2 ke cooler = 3 m

Panjang pipa dari cooler ke elbow 3	=	3	m
Panjang pipa dari elbow 3 ke Fermentor	=	1	m
		+ _____	
Total	=	21	m

Menggunakan 3 buah elbow 90° dan 1 buah globe valve
 Panjang ekuivalen :

- 3 buah elbow 90°, ($Le/D = 35$)

$$\begin{aligned}
 Le &= \text{jumlah} \times Le/D \times ID \text{ opt} \\
 &= 3 \times 35 \times 0,005 \\
 &= 0,476 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- 1 buah globe valve, ($Le/D = 300$)

$$\begin{aligned}
 Le &= \text{jumlah} \times Le/D \times ID \text{ opt} \\
 &= 1 \times 300 \times 0,005 \\
 &= 1,362 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang ekuivalen} &= 0,476 + 1,362 \\
 &= 1,838 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total panjang ekuivalen pipa} &= 21 + 1,838 \\
 &= 22,838 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_f &= \frac{4 \times f \times \Delta L \times V^2}{D \times 2} \\
 &= \frac{4 \times 0,007 \times 22,838 \times (0,211)^2}{0,078 \times 2} \\
 &= 0,0011 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

b. Friksi pada elbow dan Globe valve

- Untuk elbow 90° diperoleh $K_f = 0,75$ (*Geankoplis, hal 9*)
 (jumlah elbow = 3)

$$\begin{aligned}
 hf &= \frac{\sum K_f \times V^2}{2} \\
 &= \frac{0,75 \times 0,211^2}{2} \\
 &= 0,0168 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

- Untuk Globe valve diperoleh $K_f = 9,5$
-
-

$$\begin{aligned}
 hf &= \frac{\sum Kf \times V^2}{2} \\
 &= \frac{9,5 \times 0,2^2}{2} \\
 &= 0,2124 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total hf} &= (0,0168 + 0,2124) \text{ J/kg} \\
 &= 0,2292 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

c. Friksi pada Cooler

Pressure drop pada cooler = 0,154 psia = 1061,793 N/m²

$$f = 0,0070$$

$$\begin{aligned}
 F_f &= \frac{\Delta P_f}{\rho} \\
 &= \frac{1061,793}{1409,549} \\
 &= 0,753 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total friksi bagian discharge} &= F_f + hf + F_f \\
 &= (0,0011 + 0,2292 + 0,753) \text{ J/kg} \\
 &= 0,983 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total friksi pada pompa} &= \text{Friksi suction} + \text{Friksi Discharge} \\
 &= (0,0162 + 0,983) \text{ J/kg} \\
 &= 0,9998 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Liquid Power :

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm} \quad \rightarrow \quad \Delta P = 0$$

$$Z_1 = 4 \text{ m}$$

$$Z_2 = 12 \text{ m}$$

$$v_1 = 0 \quad (A_1 \gg A_2)$$

$$v_2 = 0,211 \text{ m/s}$$

$$\sum F = 0,2792 \text{ J/kg}$$

$$\alpha = 1$$

PERSAMAAN BERNOULI

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha} + g(Z_1 - Z_2) + \frac{P_1 - P_2}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{0,045}{2} + 9,806(12 - 4) + \frac{0}{1049} + 0,9998 + W_s = 0$$

$$79,454 \text{ J/kg} = -W_s$$

Menghitung efisiensi dan power pompa :

Dari Petter and Timmerhouse, fig 14.37 hal 520, diperoleh efisiensi pompa = 40%

$$W_s = -\eta \times W_p \text{ (Geankoplis, hal 94)}$$

$$79,454 = -0,4 \times W_p$$

$$W_p = 198,635 \text{ J/kg}$$

Power pompa

$$\begin{aligned} &= \frac{W_p \times m}{1000} \\ &= \frac{198,635 \times 1,421}{1000} \end{aligned}$$

$$= 0,282 \text{ kW} = 0,378 \text{ hp}$$

Digunakan pompa yang memiliki power = 0,378 hp

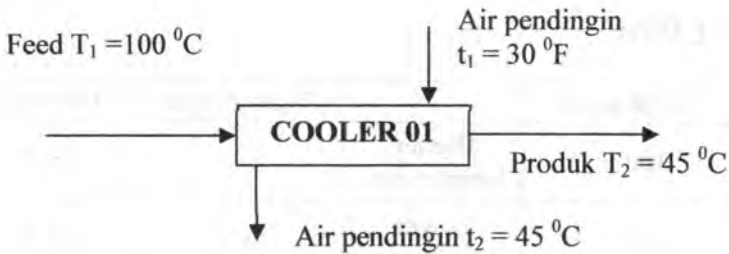
Untuk BHP = 0,378 hp, maka didapatkan efisiensi motor = 80% (Timmerhouse fig 14.38).

Tenaga Penggerak motor :

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= \frac{0,378}{0,8} \\ &= 0,473 \text{ hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi pompa :

- Fungsi : Untuk mengalirkan slurry dari tangki sterilisasi menuju ke fermentor.
- Jumlah : 1 buah
- Jenis : Centrifugal pump
- Ukuran pipa : 3 in sch 40
- Rate volumetric: $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power : 0,375 hp
- Bahan konstruksi : Commercial steel.

2. COOLER


Compos isi	Massa	fraksi	Cp	Fraksi x Cp	Densita s	Volume
H2O	101700,266	0,829	1	0,828	0,994	84777,027
Xylose	164,777	0,001	0,7	0,001	1,535	0,144
Glukosa	20873,118	0,17	0,275	0,047	1,544	2299,046
H2SO4	$1,86 \times 10^{-5}$	$1,51 \cdot 10^{-10}$	0,961	$1,46 \cdot 10^{-10}$	1,018	$2,78 \cdot 10^{-15}$
Total	122738,160			0,876		87076,218

$$\begin{aligned} \text{Massa larutan} &= 122738,160 \text{ kg/hari} \\ &= 5114,09 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas larutan} &= \frac{\text{massa larutan}}{\text{volume larutan}} \\ &= \frac{122738,16}{87076,218} \text{ kg/ltr} \\ &= 1,41 \text{ kg/ltr} \\ &= 0,001 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

1. Heat balance

$$\begin{aligned} Q_{\text{larutan}} &= M_{\text{larutan}} \times C_p \times \Delta T \\ &= 5114,09 \times 0,6202 \times 75 \\ &= 246365,320 \text{ kcal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= M_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T \\ &= 16432,571 \times 0,9998 \times 15 \end{aligned}$$

$$= 37516 \text{ kcal/jam}$$

$$= 246365,320 \text{ kcal/jam}$$

2. LMTD

Fluida panas		Fluida dingin	Differensial
100 °C	Higher Temperature	45 °C	55 °C
45 °C	Lower temperatur	30 °C	15 °C

$$\Delta t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Apabila suhu keluar fluida dingin sama harganya dengan suhu keluar fluida panas ($t_2 = T_2$) maka LMTD aliran tak searah (counter current) harganya positif tertentu, dedangkan LMTD aliran searah (co-current) harganya nol. Jika LMTD = 0, maka $A_o = \infty$ tak hingga, yang tentu tidak fisible, sehingga aliran searah tidak dapat digunakan untuk menurunkan suhu keluar fluida panas menjadi lebih rendah dari suhu keluar fluida dingin (aliran searah tidak dapat bekerja pada suhu silang/temperatur cross sedangkan aliran tak searah dapat).

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln(\Delta t_2 / \Delta t_1)} \\ &= \frac{40}{1,098} \\ &= 36,43 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T &= \text{LMTD} \\ &= 36,43 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3. Suhu kalorik

Apabila kedua fluida tidak viskos/tidak kental (viskositasnya tidak ada yang melebihi 1 cp dan beda suhu (Δt) lebih kecil dari 50°F), maka dapat digunakan suhu rata-rata untuk T_c dan t_c . Disamping itu faktor koreksi viskositas $(\mu/\mu_w)^{0,14}$ adalah 1 [$\mu/\mu_w = 1$].

(Kern, hal 111)

Viscositas air pada suhu $30^{\circ}\text{C} = 0,6 \text{ cp } (\mu < 1)$

Viscositas air pada suhu $45^{\circ}\text{C} = 0,32 \text{ cp } (\mu < 1)$

Viscositas larutan (light organic) $< 0,5 \text{ cp}$

(Kern, hal 840)

Sehingga :

$t_c = t_c \text{ rata - rata}$

$$= \frac{45 + 30}{2}$$

$$= 37,5^{\circ}\text{C}$$

$T_c = T_c \text{ rata - rata}$

$$= \frac{100 + 45}{2}$$

$$= 72,5^{\circ}\text{C}$$

Untuk cooler pada fluida dingin (air) dan fluida panas (light organic) didapatkan $UD = (75-100)$

(Kern, table 8, hal 840)

Diambil asumsi UD

$$= 75 \text{ Btu}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^{\circ}\text{F})$$

$$= 0,0101 \text{ cal}/\text{s}.\text{cm}^2.^{\circ}\text{C}$$

$$= 0,036 \text{ kcal}/\text{jam}.\text{cm}^2.^{\circ}\text{C}$$

Sehingga:

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T}$$

$$= \frac{246365,32}{0,036 \times 36,43}$$

$$= 184563,709 \text{ cm}^2$$

$$= 198,664 \text{ ft}^2$$

Karena $A < 200 \text{ ft}^2$ ($18,58 \text{ m}^2$) maka cooler yang digunakan adalah tipe "Double Pipe Heat Exchanger".

Double Pipe Heat Exchanger biasanya digunakan untuk luas total ($100\text{-}200 \text{ ft}^2$)

Asumsi :

Ukuran Pipa /exchanger adalah $20 \text{ ft } 2'' \times 1 \frac{1}{4}''$ IPS DPHE

Untuk $2'' \times 1 \frac{1}{4}''$ IPS exchanger luas aliran bagian pipa = $1,5 \text{ in}^2$ = $3,81 \text{ cm}^2$ dan luas aliran anulus adalah $1,19 \text{ in}^2$ = $3,02 \text{ cm}^2$, maka fluida dingin (ratelynya lebih besar) dilewatkan pipa sedangkan fluida panas (ratelynya kecil) dilewatkan anulus.

Fluida panas, larutan, anulus	Fluida dingin, air, pipa
<p>4.Flow area</p> $D_2 = 2,076 / 2 = 0,173 \text{ ft}$ $= 5,273 \text{ cm}$ $D_1 = 1,66 / 2 = 0,138 \text{ ft}$ $= 4,216 \text{ cm}$ <p>(Kern, table 10, hal 844)</p> $A_a = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4}$ $= \frac{3,14 \times 5,273^2 - 4,216^2}{4}$ $= 7,871 \text{ cm}^2$ $D_e = \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{D_1}$ $= \frac{5,273^2 - 4,216^2}{4,216}$	<p>4.Flow area</p> $D = 1,38 / 12$ $= 0,115 \text{ ft}$ $= 5,2502 \text{ cm}$ <p>(Kern, table 10, hal 844)</p> $A_p = \frac{\pi(D^2)}{4}$ $= \frac{3,14 \times 5,25^2}{4}$ $= 9,654 \text{ cm}^2$

$$= 2,378 \text{ cm}$$

5. Massa velocity

$$\begin{aligned} G_a &= \frac{W(\text{massalaru tan})}{A_a} \\ &= \frac{5114,09}{7,871} \\ &= 649,711 \text{ kg/jam.cm}^2 \end{aligned}$$

6. Pada T = 82,5 °C

$$\begin{aligned} \mu &= 2 \times \mu_{\text{air}} \\ &= 2 \times 0,35 \\ &= 0,7 \text{ cp} \\ &= 0,007 \text{ g/cm.s} \\ &= 0,000007 \text{ kg/cm.s} \\ &= 0,0252 \text{ kg/cm.jam} \end{aligned}$$

Reynold number :

$$\begin{aligned} Re_a &= \frac{D \times G_a}{\mu} \\ &= \frac{2,378 \times 649,711}{0,0252} \\ &= 61312,791 \text{ (turbulent)} \end{aligned}$$

7. JH = 200
(Kern, fig 24, hal 834)
8. Pada T = 82,5 °C

$$\begin{aligned} C_p &= 0,876 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \\ k &= 0,9 \times k_{\text{air}} \\ &= 2 \times 0,398 \\ &= 0,796 \text{ Btu/(jam)(ft)}^\circ\text{F} \\ &= 0,0033 \text{ cal/s.cm}^\circ\text{C} \\ &= 0,012 \text{ kcal/jam}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

(Kern, table 4, hal 834)
5. Massa velocity

$$\begin{aligned} G_p &= \frac{W(\text{massaair})}{A_p} \\ &= \frac{16432,321}{9,654} \\ &= 1703,726 \text{ kg/jam.cm}^2 \end{aligned}$$

6. Pada T = 37,5 °C

$$\begin{aligned} \mu &= 2 \times \mu_{\text{air}} \\ &= 2 \times 0,75 \\ &= 1,5 \text{ cp} \\ &= 0,015 \text{ g/cm.s} \\ &= 0,000015 \text{ kg/cm.s} \\ &= 0,054 \text{ kg/cm.jam} \end{aligned}$$

Reynold number :

$$\begin{aligned} Re_p &= \frac{D \times G}{\mu} \\ &= \frac{5,25 \times 1703,726}{0,054} \\ &= 110592,077 \text{ (turbulen)} \end{aligned}$$

7. JH = 390
(Kern, fig 24, hal 834)
8. Pada T = 37,5 °C

$$\begin{aligned} C_p &= 0,999 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \\ k &= 0,9 \times k_{\text{air}} \\ &= 2 \times 0,33 \\ &= 0,66 \text{ Btu/(jam)(ft)}^\circ\text{F} \\ &= 0,0027 \text{ cal/s.cm}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$[(c \times \mu) / k]^{1/3} = 1,23$ <p>9. ho :</p> $= jH \times k / De \times (c \times \mu / k)^{-1/3} \times (\mu / \mu_w)^{-0,14}$ $ho = 200 \times \frac{0,012}{2,378} \times 1,23 \times 1$ $= 1,226 \text{ kcal/jam.cm}^2.^{\circ}\text{C}$	$[(c \times \mu) / k]^{1/3} = 1,764$ <p>9. hi :</p> $= jH \times k / D \times (c \times \mu / k)^{-1/3} \times (\mu / \mu_w)^{-0,14}$ $hi = 390 \times \frac{0,01}{5,25} \times 1,76 \times 1$ $= 1,929 \text{ kcal/jam.cm}^2.^{\circ}\text{C}$ <p>10. Koreksi hi pada OD</p> $hio = \frac{hi \times ID}{OD}$ $= \frac{1,929 \times 6,05}{7,79}$ $= 2,412 \text{ kcal/jam.cm}^2.^{\circ}\text{C}$
--	---

11. Uc

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = \frac{2,412 \times 1,226}{2,412 + 1,226} = 0,813 \text{ kcal/jam.cm}^2.^{\circ}\text{C}$$

12. UD

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$$\text{Dimana, } R_d \text{ ketentuan} = 0,001 \text{ (hr)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F)/Btu}$$

$$= 0,067 \text{ (cm}^2\text{)}(^{\circ}\text{C)}(\text{jam)/kcal}$$

(Kern, hal 845)

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{0,813} + 0,067$$

$$= \frac{1,23}{0,813} + 0,067$$

$$= 1,297$$

$$U_D = \frac{1}{1,297} = 0,771 \text{ kcal/jam.cm}^2.^{\circ}\text{C}$$

Summary

	h outside
U_c	0,813
U_D	0,771

13. Luas Permukaan Panas

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta T} \\
 &= \frac{246365,32}{0,771 \times 36,43} \text{ cm}^2 \\
 &= 8019,076 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel 11 Kern hal 844 luas permukaan luar untuk 1 1/4" IPS adalah 0,435 ft²/ft (13,3 cm) panjang

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga panjang pipa (L)} &= \frac{8019,076}{13,3} \\
 &= 609,705 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

1 hairpin 20 ft = 457,317 cm

Dapat dipenuhi dengan menggunakan 1 hairpin 20 ft dalam seri

14. Luas Permukaan Baru

$$\begin{aligned}
 &= 609,705 \times 13,3 \\
 &= 8019,076 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_D &= \frac{Q}{A \times \Delta T} \\
 &= \frac{246365,320}{8019,076 \times 36,43} \\
 &= 0,769 \text{ kcal/jam.cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,813 - 0,769}{0,813 \times 0,769} (\text{cm}^2)(^{\circ}\text{C})(\text{jam})/\text{kcal} \\
 &= 0,07 (\text{cm}^2)(^{\circ}\text{C})(\text{jam})/\text{kcal}.
 \end{aligned}$$

Rd hitung > Rd ketentuan telah memenuhi syarat

PRESSURE DROP

Fluida panas, annulus, larutan	Fluida dingin, pipa, air
<p>1. $De' = D_2 - D_1$ $= 5,273 - 4,216 \text{ cm}$ $= 1,057 \text{ cm}$</p> $Re_a = \frac{D_e' \times G_a}{\mu}$ $= \frac{1,057 \times 649,711}{0,025}$ $= 27242,835$ $f = 0,0035 + \frac{0,26}{Re_a^{0,42}}$ $= 0,0035 + \frac{0,26}{72,913}$ $= 0,0035 + 0,004$ $= 0,007 \text{ cm}^2/\text{m}$ <p>$sg = 0,001$</p> <p style="text-align: right; font-size: small;"><i>(kern, table 6, hal 808)</i></p> $\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3 \times sg$ $= 1 \text{ gr/cm}^3 \times 0,001$ $= 0,001 \text{ gr/cm}^3$ $= 1,409 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3$	<p>1. $Rep = 110592,077$</p> $f = 0,0035 + \frac{0,26}{Rep^{0,42}}$ $= 0,0035 + \frac{0,26}{131,33}$ $= 0,0035 + 0,002$ $= 0,006 \text{ cm}^2/\text{m}$ <p>$sg = 1$</p> <p style="text-align: right; font-size: small;"><i>(kern, table 6, hal 808)</i></p> $\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3 \times sg$ $= 1 \text{ gr/cm}^3 \times 1$ $= 1 \text{ gr/cm}^3$ $= 0,001 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
 2. \Delta F_a &= \frac{4 \times f \times G a^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times D e} \\
 &= \frac{4 \times 0,007 \times 649,711^2 \times 609,705}{2 \times 998,665 \times (1,409 \times 10^{-6}) \times 1,057} \\
 &= 636,034 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{G}{3600 \times \rho} \\
 &= \frac{649,711}{3600 \times (1,049 \times 10^{-6})} \\
 &= 128037,730 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{31 \times v^2}{2 \times g} \\
 &= \frac{1 \times 128037,73}{2 \times 998,665} \\
 &= 6965,367 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P_a &= (\Delta F_a + F_1) \times \rho \\
 &= (636,034 + 6965,367) \times (1,049 \times 10^{-6}) \\
 &= 0,011 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,154 \text{ lb/in}^2 \\
 &= 0,154 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \Delta F_p &= \frac{4 \times f \times G p^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times D} \\
 &= \frac{4 \times 0,006 \times 1703,726^2 \times 609,705}{2 \times 998,665 \times 3600 \times 0,001^2 \times 5,25} \\
 &= 437,833 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P_p &= \Delta F_p \times \rho \\
 &= 437,833 \times 0,001 \\
 &= 0,438 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6,27 \text{ lb/in}^2 \\
 &= 6,27 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

ΔP yang diijinkan untuk liquid adalah lebih kecil dai 10 psi ($\Delta P < 10$ psi). Karena $\Delta P < 10$ psi, maka heat exchanger (cooler) memenuhi syarat operasi.

Spesifikasi Cooler :

1. Jenis : Double Pipe Heat Exchanger
2. Diameter equivalent : IPS standart 2 x 1 1/4, dengan luas area pada :
 - a. Anulus = $1,19 \text{ in}^2$
 - b. Pipa = $1,5 \text{ in}^2$
3. Jumlah hairpin yang digunakan :
4. Fluida dalam anulus : larutan dari sterilisasi (fluida panas)
5. Fluida dalam pipa : air (fluida dingin)
6. ΔP (Pressure drop) di anulus sebesar 0,154 psi
7. ΔP (Pressure drop) di pipa sebesar 6,27 psi
8. $U_D = 0,813$
9. $U_c = 0,771$

3. Tangki Fermentor

Fungsi : untuk memfermentasikan glukosa menjadi asam laktat dengan bantuan bakteri *Lactobacillus delbrueckii*,

Proses : batch

Waktu operasi : 5 hari

Suhu operasi : 45°C

Data feed masuk proses fermentasi :

Komponen	Masuk (kg)	Frakasi	Densitas (kg/l)	Volume (liter)
H ₂ O	20355,293	0,822	0,994	20478,162
H ₂ SO ₄	3,357x10 ⁻⁶	1,356x10 ⁻¹⁰	1,018	3,298x10 ⁻⁶
Xylose	32,955	0,001	1,535	21,469
Glukosa	3757,161	0,152	1,544	2433,395
Asam laktat	2,117	8,549x10 ⁻⁵	1,249	1,695
Calcium laktat	92,286	0,004	2,200	41,948
CaSO ₄	5,176x10 ⁻⁷	2,090x10 ⁻¹¹	2,960	1,749x10 ⁻⁷
Biomass	361,914	0,015	1,560	231,996
Maltsprout	93,929	0,004	0,160	587,056
(NH ₄) ₂ HPO ₄	62,619	0,003	1,614	38,798
TOTAL	24758,275	1	-	23834,519

$$\rho \text{ air} = 0,994 \text{ kg/liter}$$

$$= 994 \text{ kg/m}^3$$

$$= 62,026 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho \text{ larutan} = \text{massa/volume}$$

$$= 24758,275 \text{ kg}/23834,519 \text{ liter}$$

$$= 1,039 \text{ kg/l}$$

$$= 1038,757 \text{ kg/m}^3$$

$$= 64,818 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume larutan} = 23834,519 \text{ liter}$$

$$= 23,835 \text{ m}^3$$

$$\mu \text{ larutan} = 1,039 \text{ cp}$$

$$= 1,039 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa feed masuk} &= 123791,374 \text{ kg} \\
 \text{Kapasitas} &= 123791,374 \text{ kg/hari} \\
 \text{Kecepatan volumetrik} &= \text{kapasitas}/\rho \text{ larutan} \\
 &= 119172,5957 \text{ liter/hari} \\
 \text{Kapasitas liquida} &= 119172,596 \text{ liter} \\
 &= 119,173 \text{ m}^3 \\
 &= 4208,342 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume larutan yang difermentasi} &= \frac{\text{massa feed masuk}}{\rho \text{ larutan}} \\
 &= \frac{123791,374 \text{ kg}}{1038,757 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 119,173 \text{ m}^3 \\
 &= 4208,342 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol glukosa (Nao)} &= \frac{\text{massa feed glukosa}}{\text{BM}} \\
 &= \frac{18785,806 \text{ kg}}{180 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 104,366 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi glukosa dalam larutan (Cao)} &= \frac{\text{Nao}}{\text{volume larutan}} \\
 &= \frac{104,366 \text{ kmol}}{119,173 \text{ m}^3} \\
 &= 0,876 \text{ kmol/m}^3
 \end{aligned}$$

Menghitung kecepatan reaksi :

Reaksi :



$$-r_A = k, C_A^n$$

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt}$$

$$kC_A^n = \frac{-\Delta C_A}{\Delta t}$$

$$\ln k + n \ln \bar{C}_A = \ln \frac{-\Delta C_A}{\Delta t}$$

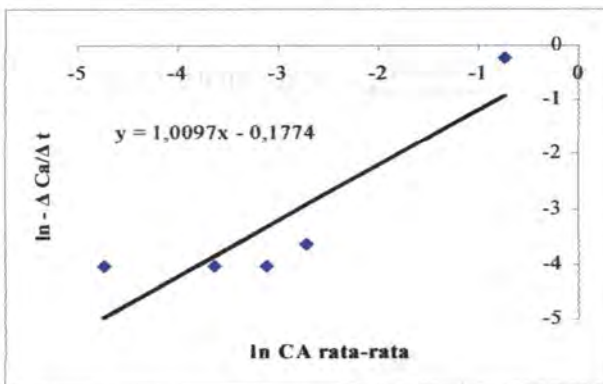
Dimana :

$$y = \ln \frac{-\Delta C_A}{\Delta t}; \quad x = \ln C_A; \quad A = \ln k; \quad B = n$$

Data dari (fig,54, Prescott and Dunn, hal,317)

t (hari)	% (bera t) gula	Massa (kg)	C_A	\bar{C}_A	Δt	$\ln \bar{C}_A$	ΔC_A	$\ln \frac{-\Delta C_A}{\Delta t}$
0	15	18785,806	0,876	0,477	1	-0,740	-0,797	-0,227
1	9	1690,723	0,079	0,066	1	-2,723	-0,026	-3,639
2	6	1127,148	0,053	0,044	1	-3,128	-0,018	-4,045
3	4	751,432	0,035	0,026	1	-3,639	-0,018	-4,045
4	2	375,716	0,018	0,009	1	-4,738	-0,018	-4,045
5	0	0	0					

- Plot grafik antara $\ln \overline{C_A}$ vs $\ln \frac{-\Delta C_A}{\Delta t}$



Didapatkan persamaan dari grafik $y = 1,0097x - 0,1774$

Nilai dari $A = \ln k = -0,1774$; maka nilai $k = 0,837$

Nilai dari $B = n = \text{orde reaksi} = 1,0097 = 1$

$k = 0,837$

$N_{A0} = 104,366 \text{ kmol}$,

$C_{A0} = 0,876 \text{ kmol/m}^3$,

Perhitungan Volume reaktor batch dengan volume tetap:

Pada $t \text{ reaksi} = 5 \text{ hari}$ dan $X_A = 0,94$

$$V = \frac{N_{A0}}{t} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{-r_A}$$

$$V = \frac{N_{A0}}{t} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{kC_A^n}$$

$$V = \frac{N_{A0}}{t} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{kC_{A0}^n (1 - X_A)^n}$$

$$V = \frac{N_{A0}}{t.k.C_{A0}^n} \dots \ln(1 - X_A)^n$$

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor} &= \frac{104,366}{5.0,837 \cdot 0,876^1} \dots \ln(1 - 0,94)^1 \\ &= 80,996 \text{ m}^3 \\ &= 80996,329 \text{ liter} \\ &= 2860,223 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Disini digunakan 2 buah reaktor, dan kapasitas 1 tangki = kapasitas liquida/2 = 2104,171 ft³

Desain Tangki Fermentor

1. Menentukan ketinggian vessel

Direncanakan : $H = 1,5 D$

Volume flange and dished heads = 0,000049 ID³

$$\text{Volume shell} = \frac{\mu \cdot \text{ID}^2 \cdot H}{4}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= V_{\text{shell}} + 2 \times V_{\text{flange and dished}} \\ &= (\pi/4) \times \text{ID}^2 \times (1,5\text{ID}) + 2 \times (0,00049 (\text{ID}^3)) \end{aligned}$$

$$2860,223 = 1,179 \text{ ID}^3$$

$$\text{ID}^3 = 2426,654 \text{ ft}^3$$

$$\text{ID} = 13,438 \text{ ft}$$

$$= 161,256 \text{ in}$$

$$= 4,096 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 1,5 \text{ ID}$$

$$= 1,5 \times 13,438 \text{ ft}$$

$$= 20,157 \text{ ft} = 241,885 \text{ in} = 6,144 \text{ m}$$

Karena tinggi silinder adalah 20,157 ft, distandarisasi = 21 ft = 252 in = 6,401 m, maka digunakan plate dengan lebar 7 ft sebanyak 3 buah, Dari banyaknya plate ini dapat diketahui banyaknya course, yaitu 3 course,

Dari standarisasi tinggi silinder maka dengan perbandingan

$H = 1,5 D$; maka besar diameter :

$$D = H/1,5$$

$$= 14 \text{ ft} = 168 \text{ in} = 4,267 \text{ m}$$

Pengecekan diameter dan tinggi silinder, untuk pengelasan double weld butt joint dengan syarat

$$D \times H \geq 1720,00$$

$$14 \times 21 = 294,000$$

Karena harga $D, H < 1720$, maka tangki ini bervolume kecil,

Karena harga $H > 9\text{ft}$, maka perhitungan tebal silinder akan berdasarkan course,

2. Menentukan ketinggian liquid

$$\text{Volume liquid} = \frac{\pi D^2 H_L}{4}$$

$$2104,171 \text{ ft}^3 = \frac{3,14 \times (14)^2 H_L}{4}$$

$$\begin{aligned} H_L &= 13,663 \text{ ft} \\ &= 163,961 \text{ in} \\ &= 4,165 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Perhitungan course I

Course I ini adalah plate terbawah yang menanggung beban terbesar, yaitu tinggi liquida total,

$$H_1 = 21 \text{ ft}$$

Menentukan tekanan desain

$$\rho \text{ campuran} = 64,818 \text{ lb/ft}^3$$

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi} = 1 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \frac{\rho_{\text{larutan}} \times H}{144} \\ &= \frac{64,818 \times 21}{144} \\ &= 9,453 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= 1,05 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\ &= 1,05 \times (14,7 \text{ psi} + 9,453 \text{ psi}) \\ &= 25,360 \text{ psi} \end{aligned}$$

Menentukan tebal shell (ts)

Untuk menghitung tebal silinder dibutuhkan data-data sebagai berikut:

- Bahan yang digunakan : carbon steel SA-212 grade A
- Tegangan maksimum yang diijinkan = 16250 psi
- Pengelasan = doubled welded butt joint
- Faktor pengelasan = 0,8 (B&Y, 1959, p,254)
- Faktor korosi = 0,125
- r_i (radius inside) = $ID/2 = 168/2 = 84 \text{ in}$

$$t_{s1} = \frac{P_D \times r_i}{f_x E - 0,6 P_D} + C$$

$$t_{s1} = \frac{25,360 \times 84}{(16250 \times 0,8) - (0,6 \times 25,360)} + 0,125$$

$$t_{s1} = 0,289 \text{ in} \rightarrow \text{distandarisasi } 5/16 \text{ in} = 0,313 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = 5/16 in

$$\begin{aligned} OD_1 &= ID + 2(ts) \\ &= 168,000 + 2(5/16) \\ &= 168,625 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 6 plat sambungan dengan *allowance* 5/32" (0,15625 in), maka:

$$L_1 = \text{Panjang masing-masing plate dalam course 1}$$

$$L_1 = \frac{\pi \cdot D - \text{panjang las}}{12 \cdot M}$$

$$L_1 = \frac{\pi \cdot (168 + 0,313) - (6 \times 0,15625)}{12 \times 6}$$

$$L_1 = 7,334 \text{ ft}$$

b. Perhitungan course II

$$H_2 = 21 \text{ ft} - 7 \text{ ft} \\ = 14 \text{ ft}$$

Menentukan tekanan desain

$$\rho \text{ campuran} = 64,818 \text{ lb/ft}^3$$

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi} = 1 \text{ atm}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho \text{ larutan} \times H}{144} \\ = \frac{64,818 \times 14}{144}$$

$$= 6,302 \text{ psi}$$

$$P \text{ desain} = 1,05 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 1,05 \times (14,7 \text{ psi} + 6,302 \text{ psi})$$

$$= 22,052 \text{ psi}$$

Menentukan tebal shell (ts)

Untuk menghitung tebal silinder dibutuhkan data-data sebagai berikut:

- Bahan yang digunakan : carbon steel SA-212 grade A
- Tegangan maksimum yang diijinkan = 16250 psi
- Pengelasan = doubled welded butt joint
- Faktor pengelasan = 0,8 (B&Y, 1959, p,254)
- Faktor korosi = 0,125
- ri(radius inside)= ID/2 = 168/2 = 84 in

$$t_{s2} = \frac{P_D \times r_i}{f_x E - 0,6 P_D} + C$$

$$t_{s2} = \frac{22,052 \times 84}{(16250 \times 0,8) - (0,6 \times 22,052)} + 0,125$$

$$t_{s2} = 0,268 \text{ in} \rightarrow \text{distandarisasi } 5/16 \text{ in} = 0,313 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = 5/16 in

$$\begin{aligned} OD_2 &= ID + 2(ts) \\ &= 168 + 2(5/16) \\ &= 168,625 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 6 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in), maka:

L_2 = Panjang masing-masing plate dalam course 2

$$L_2 = \frac{\pi \cdot D - \text{panjanglas}}{12 \cdot M}$$

$$L_2 = \frac{\pi \cdot (168 + 0,313) - (6 \times 0,15625)}{12 \times 6}$$

$$L_2 = 7,334 \text{ ft}$$

c. Perhitungan course II

$$\begin{aligned} H_3 &= 14 \text{ ft} - 7 \text{ ft} \\ &= 7 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan tekanan desain

$$\rho \text{ campuran} = 64,818 \text{ lb/ft}^3$$

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi} = 1 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \frac{\rho_{\text{larutan}} \times H}{144} \\ &= \frac{64,818 \times 7}{144} \\ &= 3,151 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{desain}} &= 1,05 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\
 &= 1,05 \times (14,7 \text{ psi} + 3,151 \text{ psi}) \\
 &= 18,743 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal shell (ts)

Untuk menghitung tebal silinder dibutuhkan data-data sebagai berikut:

- Bahan yang digunakan : carbon steel SA-212 grade A
- Tegangan maksimum yang diijinkan = 16250 psi
- Pengelasan = doubled welded butt joint
- Faktor pengelasan = 0,8 (B&Y, 1959, p,254)
- Faktor korosi = 0,125
- ri(radius inside)= ID/2 = 168/2 = 84 in

$$t_{s3} = \frac{P_D \times r_i}{f_x E - 0,6 P_D} + C$$

$$t_{s3} = \frac{18,743 \times 84}{(16250 \times 0,8) - (0,6 \times 18,743)} + 0,125$$

$$t_{s3} = 0,246 \text{ in} \rightarrow \text{distandarisasi } 1/4 \text{ in} = 0,25 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = 1/4 in

$$\begin{aligned}
 OD_3 &= ID + 2(ts) \\
 &= 168 + 2(1/4) \\
 &= 168,500 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Apabila digunakan 6 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in), maka:

$$L_3 = \text{Panjang masing-masing plate dalam course 2}$$

$$L_3 = \frac{\pi \cdot D - \text{panjang las}}{12 \cdot M}$$

$$L_3 = \frac{\pi \cdot (168 + 0,250) - (6 \times 0,15625)}{12 \times 6}$$

$$L_3 = 7,331 \text{ ft}$$

Dari brownell hal 89

OD standart = 180

tebal shell = $5/8 = 0,625$ in

inside corner radius = 11 in

radius pada disk (r) = 170 in

sf = $3 \frac{1}{2} = 3,5$ in

3. Menentukan tebal "flange dan dished head"

Digunakan Thorispherical Dished

- Tegangan maksimum yang diijinkan = 16250 psi,
- Pengelasan = double welded butt joint,
- Faktor pengelasan = 0,8,
- Faktor korosi = 0,125,
- P desain = 15,435 psia,
- $rc = ID/2 = 84$ in
- $ri = 6\% \times rc = 5,040$ in

Menentukan stress intensification factor untuk torispherical dished head

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{ri}} \right)$$

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{84}{5,040}} \right)$$

$$W = 2,833 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{P_D \times rc \times W}{2 \times f \times E - 0,2P_D} + C$$

$$t_h = \frac{18,743 \times 84 \times 2,833}{2 \times (16250 \times 0,8) - (0,2 \times 18,743)} + 0,125$$

$$t_h = 0,297 \text{ in, distandarisasi menjadi } 5/16 \text{ in} = 0,313 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} \times 2 \text{ (th)} \\ &= 168 \text{ in} \times 2 \text{ (0,313) in} \\ &= 105,000 \text{ in} \end{aligned}$$

4. Menentukan desain tutup

Dari Brownell and Young, 1949, p, 89 didapatkan :

$$\bullet a = \frac{\text{ID}}{2}$$

$$a = \frac{168}{2} = 84 \text{ in (Brownell \& Young, hal, 87)}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BC} &= r - icr \\ &= 170 - 11 \\ &= 159,000 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{AB} &= \text{ID}/2 - icr \\ &= \frac{168}{2} - 11 \\ &= 73,000 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{AC} = \sqrt{(\text{BC})^2 - (\text{AB})^2}$$

$$\begin{aligned} \text{AC} &= \sqrt{159^2 - 73^2} \\ &= 141,252 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = r - \sqrt{(\text{BC})^2 - (\text{AB})^2}$$

$$b = 170 - \sqrt{159 - 73}$$

$$b = 170 - \sqrt{159 - 73}$$

$$b = 28,748 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA &= b + sf + th \\ &= 28,748 \text{ in} + 3,5 \text{ in} + 0,313 \text{ in} \\ &= 32,561 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi total reaktor

= Tinggi tutup atas + tinggi tutup bawah + tinggi shell

$$= 32,561 \text{ in} + 32,561 \text{ in} + 252 \text{ in}$$

$$= 317,122 \text{ in}$$

5. Menentukan power pengaduk

Dipakai impeller jenis *four-bladed flat paddle agitator* (*Geankoplis, hal 141*)

Berdasarkan table 3,4-1 (*Geankopli, hal 144*)

Dimana,

$$Da = 1/3 Dt$$

$$H/Dt = 1$$

$$W/Da = 1/5$$

$$J/Dt = 1/12$$

$$L/Da = 1/4$$

$$C/Dt = 1/3$$

Dimana : Da = Diameter pengaduk

Dt = Diameter tangki

W = Tinggi impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang pengaduk

C = Jarak pengaduk ke dasar tangki

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{Da}{14} = \frac{1}{3}$$

$$Da = 4,2 \text{ ft}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{W}{4,2} = \frac{1}{5}$$

$$W = 0,840 \text{ ft}$$

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{C}{14} = \frac{1}{3}$$

$$C = 4,667 \text{ ft}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{L}{4,2} = \frac{1}{4}$$

$$L = 1,050 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ larutan} = 1038,76 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ larutan} = 1,039 \text{ cp} = 1,039 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk} = N = 20 \text{ rpm} = 0,333 \text{ rps}$$

$$N're = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu}$$

$$N're = \frac{(4,2)^2 \times 0,333 \times 1038,76}{1,039 \times 10^{-3}}$$

$$N're = 5,880 \times 10^6$$

Dengan menggunakan kurva fig. 3,4-4 (*Geankoplis hal 145*), didapatkan harga $N_p = 0,23$,

$$Nre = 5,880 \times 10^6$$

$$N_p = 0,23$$

$$Np = \frac{P}{\rho \times N^3 \times Da^5}$$

$$0,23 = \frac{P}{1038,76 \times (0,333)^3 \times (4,2)^5}$$

$$P = 11564,437 \text{ J/s}$$

$$= 11,564 \text{ kW}$$

$$= 15,508 \text{ Hp}$$

$$\eta \text{ motor} = 82 \% \text{ (Peter\&Timmerhaus, fig.14,38,p-521)}$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{P}{\eta} \times 100\% \\ &= \frac{15,508}{82} \times 100\% \\ &= 18,912 \text{ Hp} \end{aligned}$$

6. Perhitungan tinggi jaket (tT) :

Diameter tangki = Dt = 14 ft

Diameter impeller = Da = 4,2 ft

Digunakan jacket 10 in - IPS, tabel 11

ID = 10,02 in = 0,835 ft

(Kern, tab 11,hal 844)

OD = 10,75 in = 0,896 ft

Suhu yang diharapkan(T) = 45°C = 113°F

Suhu air pendingin masuk(T1) = 30°C = 86°F

Suhu air pendingin keluar (T2) = 45°C = 113°F

Panas yg diserap air pendingin = 55489,254 kcal

Kebutuhan air pendingin = 3702,863 kg/hari

Panjang pengaduk, L = 1,050 ft

N = 20 rpm = 1200 rph

μ = 0,8007 cp = 1,937lb/ft.j

(Geankoplis, A2-4)

k = 0,356 Btu/(hr)(ft²)(°F/ft)

(Kern, tab 4,hal 800)

Pabrik Asam Laktat dari Tongkol Jagung dengan
 Proses Fermentasi

$$C_p = 4,181 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} = 0,999 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C} \quad (\text{Geankoplis, App A-2,5})$$

$$\rho = 0,996 \text{ g/cm}^3 = 62,160 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Geankoplis, App A-2,3})$$

$$Nre = \frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Kern, hal, 719})$$

$$Nre = \frac{(1,050)^2 \times 1200 \times 62,160}{1,937}$$

$$= 42457,001$$

$$JH = 50 \quad (\text{Kern, fig 24, hal 834})$$

$$\left| \frac{\mu}{\mu_w} \right|^{0,14} = 1, \text{ karena air}$$

$$\text{dimana, } Dj = 10,02 \text{ in}$$

$$hj = \frac{jH \cdot k}{Dj} \times \left| \frac{cp \cdot \mu}{k} \right|^{1/3} \times \left| \frac{\mu}{\mu_w} \right|^{-0,4}$$

$$= 4,981 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

$$hio = hj \times \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 4,981 \times \frac{0,835}{0,896} \quad (\text{Kern, tabel 11, hal, 844})$$

$$= 4,643 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

$$Uc = \frac{hj \times hio}{hj + hio}$$

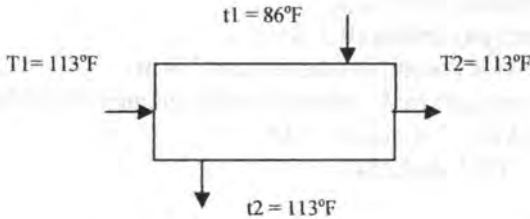
$$Uc = \frac{4,981 \times 4,643}{4,981 + 4,643} = 2,403 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud} \quad (\text{Kern, tabel 12, hal, 845})$$

$$= 0,001 \text{ (hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)/Btu}$$

$$hd = 1/Rd = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

$$\begin{aligned}
 U_d &= \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \\
 &= \frac{2,403 \times 1000}{2,403 + 1000} \\
 &= 2,397 \text{ Btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})
 \end{aligned}$$



T _{fermentor} (°F)		Air (°F)	Selisih (°F)	
113	T tinggi	113	0	Δt1
113	T rendah	86	27	Δt2
	Selisih	27	27	Δt2 - Δt1

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 - \Delta t_1}$$

$$\text{LMTD} = \frac{27}{3,296} = 8,192 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta t = \text{LMTD} = 8,192 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A_{\text{jaket}} = \frac{Q}{U_d \times \Delta t}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{jaket}} &= \frac{55489,254}{2,397 \times 8,192} \\
 &= 2825,368 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{\text{jaket}} = A_{\text{shell}} = \rho \times D \times h$$

$$2825,368 \text{ ft}^2 = 3,14 \times 10,02 \text{ in}$$

$$h_{\text{jaket}} = 9015,982 \text{ ft} = 751,332 \text{ in} = 19,084 \text{ m}$$

Penentuan tebal jaket :

$$t = \frac{P_D \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 P_D} + C \quad (\text{Brownell, pers, 13-1, hal 254})$$

dengan

t = tebal jaket minimum, in

P = tekanan tangki, psi

r = jari-jari tangki (0,5 D), in

C = faktor korosi, in (digunakan 1/8 in)

f = tegangan maksimum yang diijinkan = 16,250 psi,

E = faktor pengelasan = 0,8,

(Brownell, pers, 13-1, hal 254)

P design = 18,743 psia

R = 1/2 D = 1/2 x 10,02 in = 5,01 in

$$t_{\min} = \frac{18,743 \times 5,010}{16250 \times 0,8 - 0,6(18,743)} + 1/8$$

$$= 0,132 \text{ in}$$

digunakan t = 3/16 in

Spesifikasi Tangki Fermentor:

- Jumlah = 2 unit
- Bentuk = Silinder vertikal dengan tutup dan dasar "flanged and dished head"
- Volume Tangki = 2860,223 ft³ = 80992,945 liter
- Volume Liquid = 2104,171 ft³ = 59583,808 liter
- Diameter Tangki = 14 ft = 4,267 m
- Tinggi Tangki = 21 ft = 6,401 m
- Tinggi Liquid = 13,663 ft = 4,165 m

Shell

- ID = 168,00 in = 4,267 m
- Tebal = ¼ in = 0,25 in = 0,006 m
- OD = 180 in = 4,572 m
- Bahan = Carbon steel SA-212 grade A
- Welded = Double welded butt joint

Flanged & dishead Head

- ID = 168,00 in = 4,267 m
- Tebal = 0,313 in = 0,008 m
- OD = 105 in = 2,667 m
- Bahan = Carbon steel SA-212 grade A
- Welded = Double welded butt joint
- Icr = 11 in = 0,279 m
- r = 170 in = 4,318 m
- a = 84 in = 2,134 m
- AB = 73 in = 1,854 m
- BC = 159 in = 4,039 m
- AC = 141,25 in = 3,588 m
- b = 28,748 in = 0,730 m
- OA = 32,561 in = 0,827 m

Spesifikasi Pengaduk

- Tipe = Dipakai impeller jenis four-bladed flat paddles
- Jumlah = 1 buah
- Diameter = 4,20 in = 0,107 m
- Putaran = 20 rpm
- Power Motor = 18,91 HP

Spesifikasi Jacket

- Tebal Jacket = 3/16 in = 0,188 in

RIWAYAT PENULIS



Rayi Kurnia Widhianingrum, penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 2 Febuari 1988 merupakan anak keempat dari empat bersaudara.. Dengan alamat rumah Jln. Pahlawan no. 45 Pasuruan. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Dharmabakti, Pasuruan-Jawa Timur pada tahun 1994, lulus dari SDN Pekuncen II, Pasuruan-Jawa Timur pada tahun 2000, lulus

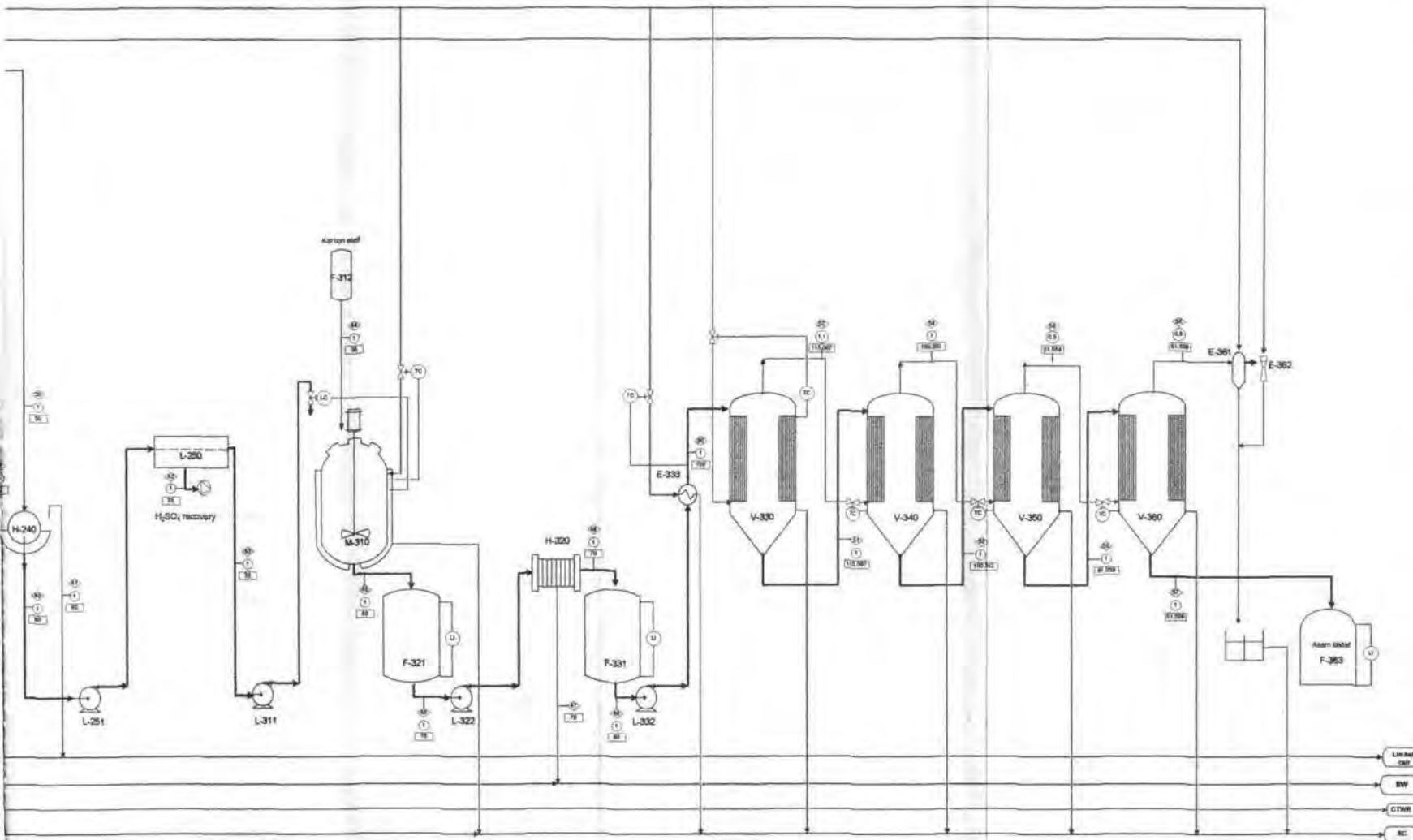
dari SMP N 2 Pasuruan-Jawa Timur pada tahun 2003, lulus dari SMA N 1 Pasuruan-Jawa Timur pada tahun 2006. Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru ITS jalur non SPMB pada tahun 2006 dan diterima di program studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS, terdaftar dengan Nomor Registrasi NRP 2306 030 004. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PABRIK AMONIAK/ DEPARTEMEN PRODUKSI I PT. PETROKIMIA GRESIK, JAWA TIMUR. Alamat email : chem_eng06@yahoo.co.id



Yuli Cahyani, penulis dilahirkan di kota Tulungagung pada tanggal 22 Juli 1987 sebagai anak keempat dari empat bersaudara. Dengan alamat rumah Jln. Wilis II/18 Tulungagung. Pendidikan yang telah ditempuh diantaranya SDN Kalangbret Tulungagung (1994 – 2000), SLTPN I Tulungagung (2000 – 2003), SMUN I Boyolangu Tulungagung (2003 – 2006) penulis menempuh pendidikan lanjut di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Fakultas Teknologi

Industri, Program Studi DIII Teknik Kimia pada tahun 2006 dengan nomer registrasi 2306 030 064. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PABRIK PETROKIMIA GRESIK, JAWA TIMUR. Alamat email : cahyani_yulai@yahoo.co.id

NGKOL JAGUNG DENGAN PROSES FERMENTASI

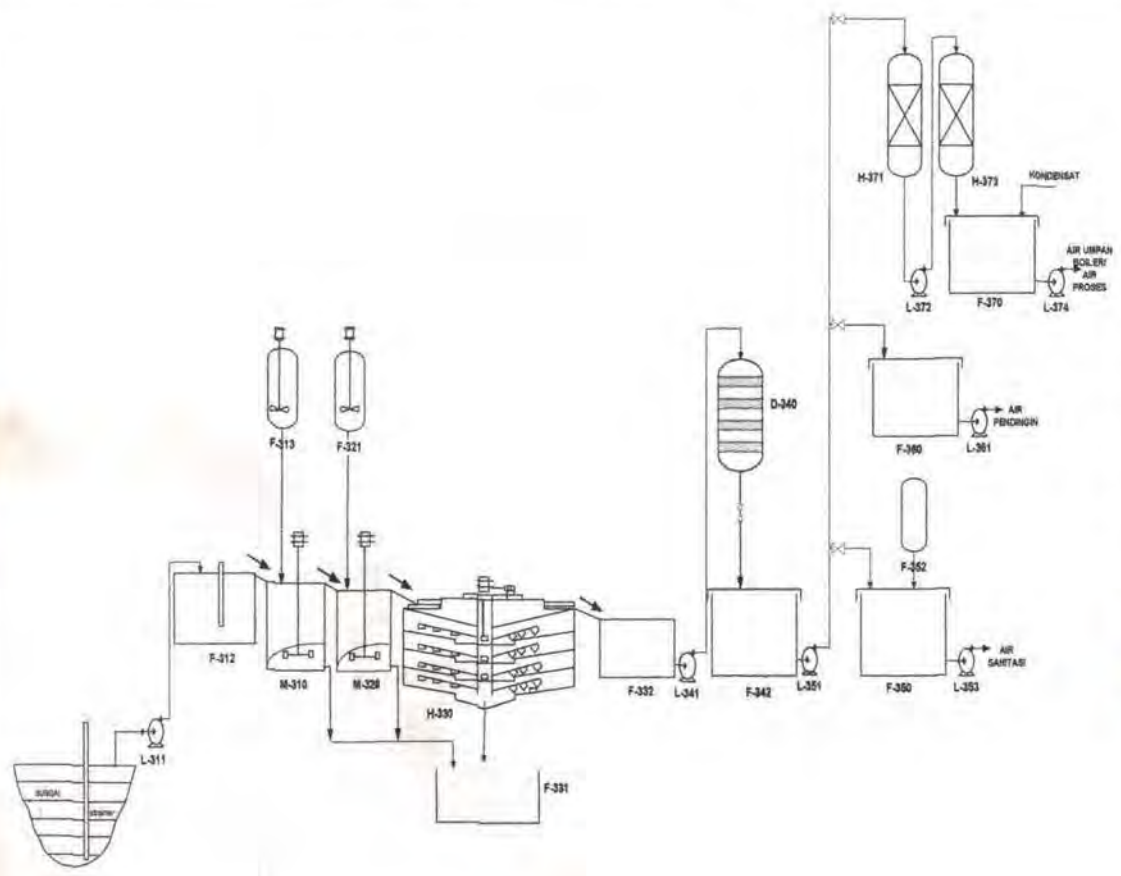


BC	Steam Condensate (kg/hr)
WP	Water Process (kg/hr)
B	Bahan
CTW	Cooling Tower Water (kg/hr)
BW	Solid Waste (kg/hr)
Limbah Cair	Limbah cair (kg/hr)
CTWR	Cooling Tower Water Return (kg/hr)
◇	Aliran massa (kg/hr)
□	Temperatur (°C)
○	Tekanan (atm)
▭	Keterangan

50	F-303	Tangki Pemanasan Asam Laktat	1
49	F-302	Jeri sgotok	1
58	G-311	Distensifikasi	1
57	V-360	Evaporator IV	1
56	V-350	Evaporator III	1
45	V-340	Evaporator II	1
54	E-333	Heatex	1
53	F-332	Pompa	1
52	F-311	Tangki Pemanasan	1
51	V-330	Evaporator I	1
50	L-322	Pompa	1
49	F-321	Tangki Pemanasan	1
48	H-300	Fiber Press	2
47	F-312	Tangki Pemanasan Limbah saktif	1
46	L-311	Pompa	1
45	M-310	Tangki Blending	1
44	L-251	Pompa	1
43	H-250	Hidroklorisis	1
42	F-321	Heatex	1
41	L-241	Pompa	1
40	H-340	Rotary Vacuum Filter	1
39	F-233	Tangki Pemanasan H ₂ SO ₄ 5%	1
38	L-232	Pompa	1
37	F-231	Tangki Pemanasan	1
36	B-230	Reaktor seltzer	1
35	F-224	Tangki Pemanasan Ca(OH) ₂	1
34	F-225	Tangki Pemanasan Naprofen	1
33	F-224	Pompa	1
32	B-222	Cooling	1
31	L-223	Pompa	1
30	F-221	Tangki Pemanasan	5
29	B-221	Evaporator	1
28	F-213	Tangki Pemanasan bakteri	1
27	F-212	Tangki Pemanasan Ca(OH) ₂	1
26	F-211	Tangki Pemanasan outflow	1
25	B-210	Konditor seltzer	1
24	L-151	Pompa	1
23	M-150	Tangki seltzer	1
22	F-143	Heatex	1
21	L-142	Pompa	1
20	F-141	Tangki Pemanasan	1
19	H-140	Rotary Vacuum Filter	1
18	F-136	Tangki Pemanasan Enzim	1
17	B-135	Bahan	1
16	L-134	Pompa	1
15	E-133	Tangki Pemanasan	1
14	L-132	Pompa	1
13	F-121	Tangki Pemanasan	1
12	B-120	Reaktor Hidrolisis	1
11	L-121	Pompa	1
10	H-120	Rotary Vacuum Filter	1
9	F-118	Tangki Pemanasan H ₂ SO ₄ 6,4%	1
8	G-117	Heatex	1
7	F-116	Batu	1
6	F-115	Reaktor Limas	1
5	C-114	Hammer Mill	1
4	C-113	Rotary Knife Cutter	1
3	F-112	Hot overcooler	1
2	F-111	Pemanasan tingkat keping	1
1	B-110	Reaktor Piv Hidrolisis	1
No.	Code	Equipment Name	Jumlah

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	0,823	32,925	0,823	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925	32,925
21041,287	21041,287	1841,080	21059,216	21059,216	683,751	21728,071	14,496		21044,720	21044,720	21044,720	0,710	21044,411	21044,411	21044,411	10001,117	7896,434				5751,751			2517,068	
751,407	751,407	751,407	751,407	751,407	751,407	3,480	751,407	3,480	3600,033	3600,033	3600,033	0,033	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000	3600,000
4245,147	4245,147	4245,147	4245,147	4245,147	4245,147	2648,349	4245,147	2648,349																	
5,1796-06	5,1796-06	5,1796-06	5,1796-06	5,1796-06	5,1796-06	36,330	5,1796-06	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330	36,330
30697,362	30697,362	1927,453	30895,414	30895,414	683,381	25262,811	3416,754	0,954	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	30677,767	

Dosen Pembimbing
 Prof. Dr. Ir. Supripta, DEA
 NIP. 131 652 045
 BLOWBRET
 FAKULTAS TEKNIK DAN INDOESTRI
 FABRIK ASAM LAKTAT DARI TONGGALI JAGUNG
 DENGAN PROSES FERMENTASI
 PROGRAM STUDI DIJIT TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK DAN INDOESTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2009



24	L-374	Pompa Kekar Air Proses/Lampas Besar	
23	H-373	Tangki Anakan Exchanger	
22	L-372	Perangkap Anakan Exchanger	
21	H-371	Tangki Katalis Exchanger	
20	F-370	Bak Air Uap Besar / Air Proses	
19	L-361	Pompa Kekar Air Pendingin	
18	F-360	Bak Air Pendingin	
17	L-355	Pompa Kekar Air Saringan	
16	F-352	Tangki Desolvasi	
15	L-351	Pompa Feed Air Saringan	
14	F-350	Bak Air Saringan	
13	F-342	Bak Air Saringan	
11	L-341	Pompa Feed Sand Filter	
10	D-340	Reaktor Filter	
9	F-332	Tangki Pemompaan	
8	F-331	Bak Pemompaan Lampas	
7	H-330	Chiller	
6	F-321	Tangki Pemompaan Ca(OH) ₂	
5	M-328	Bak Yodium	
4	F-313	Tangki Pemompaan Teras	
3	F-312	Bak Pemompaan Air Bangas	
2	L-311	Pompa Air Bangas	
1	M-310	Bak Kalsium	

No.	Tang. No.	Nama Alat	Jumlah
Dipander Oleh:			
Rygi Kusma W (20A-05-024)			
Val Cahyan (20A-05-040)			
Diperiksa Oleh:			
Prof. Dr. Ir. Eprandi, DEA			
FLOWSEKET UTILITAS			
PABRIK KARBONAT DARI TERUNG BUKAN			
DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK			
PROGRAM STUDI DI TEKNIK KIMIA			
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
SURABAYA			