



Alkohol sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari selain penyalahgunaan yang menurunkan kualitas hidup. Sehingga, produksi alkohol menjadi vital dalam dunia industri.

Alkohol yang dimaksud dalam kehidupan sehari-hari adalah etanol. Salah satu cara produksi alkohol adalah dengan proses fermentasi. Dalam proses fermentasi terjadi peristiwa peruraian bahan-bahan organik (maltosa) akibat aktivitas kehidupan mikroorganisme yang mampu mengurai dan mensintesis secara kimia bahan-bahan organik tersebut.

Proses fermentasi bawah untuk memproduksi alkohol berkadar rendah menggunakan mikroorganisme jenis *saccharomyces* dengan kondisi temperatur pada 6 °C – 10 °C. Reaksi fermentasi mengeluarkan kalor sebesar 651 kJ per satuan massa senyawa dalam reaksi dalam satu hari proses berjalan. Kalor reaksi akan meningkatkan temperatur secara bertahap, sehingga untuk menjaga kondisi reaksi pada temperatur yang diharapkan, maka harus dilakukan proses penyerapan kalor.

Penulisan ini bertujuan untuk membuat sebuah desain sistem pendingin untuk penyerapan kalor tersebut. Sistem pendingin menggunakan siklus kompresi uap refrigeran (R 134a). Transfer kalor reaksi dilakukan dengan penyerapan kalor oleh *brine* pada temperatur rendah yang dicapai dengan metode *brine chilling*, yaitu kalor *brine* ditransfer ke *liquid* refrigeran untuk proses penguapan di dalam evaporator sedangkan *brine* pada temperatur rendah digunakan untuk menyerap kalor reaksi dengan *transport* melewati *coiled tube* di dalam tangki fermentasi.



DAFTAR GAMBAR

	Hal
1.1. Siklus refrigerasi kompresi uap	5
1.2. Siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram P – h	7
1.3. Perbandingan antara siklus refrigerasi kompresi uap standar dengan aktual	8
2.1. Sistem pendingin dengan metode <i>liquid chilling</i>	10
2.2. Tangki fermentasi konvensional	14
2.3. Sistem isolasi	15
2.4. Kurva tebal isolasi terhadap laju perpindahan kalor	18
2.5. Faktor koreksi LMTD untuk susunan pipa spiral	22
2.6. <i>Coiled tube</i>	23
3.1. Penampang melintang susunan pipa evaporator	30
3.2. <i>Layout</i> pipa evaporator	30
3.3. Diagram perpindahan kalor sisi shell	35
3.4. Beda temperatur rata-rata logaritma evaporator	37
3.5. Faktor koreksi LMTD untuk susunan satu pass shell dan dua, empat atau kelipatannya	38
3.6. Faktor gesekan sisi shell untuk pemotongan bafel 25 %	43
3.7. Penampang melintang susunan pipa-pipa kondenser	47
3.8. Beda temperatur rata-rata logaritma kondenser	56
3.10. Skema kondenser dan posisi fan	60
4.1. Katup ekspansi termostatik	68
4.2. <i>Liquid receiver</i>	69
4.3. <i>Filter drier</i>	70
4.4. <i>Sight glass</i>	70
4.5. Katup solenoid	71
4.6. Akumulator	72
4.7. <i>Service valve</i>	72
4.8. <i>Oil separator</i>	73
4.9. <i>Check valve</i>	74



Mesin Pendingin Untuk Proses Fermentasi Dalam Pembuatan Alkohol
Hananto Susilo , Ir. Prajitno, MT.

4.10.	Unjir garis Gajah Mada, 2002 Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/ vibrasi absorber	74
5.1.	Skema sistem transport brine	75
5.2.	Diagram relative roughness	77
5.3.	Diagram Moody	78
5.4.	Diagram koefisien tahanan pada elbow	81



Mesin Pendingin Untuk Proses Fermentasi Dalam Pembuatan Alkohol
Hananto Susilo , Ir. Prajitno, MT.

Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunggah dari <http://ojs.library.ugm.ac.id/>

DAFTAR TABEL

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

	Hal
2.1. Hasil perhitungan laju perpindahan kalor untuk berbagai nilai r_3	18
3.1. Faktor koreksi LMTD kondenser	56
5.1. Koefisien kerugian gesekan pada katup	80
5.2. Koefisien untuk menentukan perpindahan kalor konveksi bebas	85



DAFTAR NOTASI

Huruf Latin

A	: luas permukaan perpindahan kalor	(m ²)
A _x	: luas penampang pipa	(m ²)
A _o	: luas permukaan luar pipa per satuan panjang	(m ² /m)
A _i	: luas permukaan dalam pipa per satuan panjang	(m ² /m)
A _u	: luas permukaan luar pipa tanpa fin per satuan panjang	(m ² /m)
A _f	: luas permukaan fin per satuan panjang	(m ² /m)
a	: luas penampang aliran fluida	(m ²)
b	: jarak antara bafel	(m)
C _m	: kecepatan piston rata-rata	(m/s)
c _p	: kapasitas kalor	(kJ/kgK)
D	: diameter silinder kompresor	(m, mm)
D _e	: diameter ekuivalen aliran fluida	(m)
D _F	: diameter ekuivalen kondenser	(m)
D _s	: diameter dalam shell	(m)
D _T	: diameter tangki	(m)
d _c	: diameter coil	(m)
d _i	: diameter dalam pipa	(m)
d _f	: diameter ekuivalen fin	(m)
d _o	: diameter luar pipa	(m)
F	: faktor koreksi LMTD	
F _c	: faktor koreksi perpindahan kalor sisi <i>coiled tube</i>	
FA	: face area kondenser	
f	: faktor gesekan	(m ²)
G	: laju aliran massa fluida per satuan luas	(kg/sm ²)
g	: gravitasi	(9,81 m/s ²)
h	: entalpi	(kJ/kg)
H	: koefisien perpindahan kalor	(W/m ² K)
H	: <i>head loss</i>	(m)
J _H	: koefisien perpindahan kalor sisi shell	



Mesin Pendingin Untuk Proses Fermentasi Dalam Pembuatan Alkohol

Hananto Susilo, Ir. Prajitno, MT.

Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

n	: jumlah pipa	
k	: konduktivitas termal	(W/mK)
L	: panjang pipa	(m)
L_A	: panjang poros agitator	(m)
L_k	: panjang kondenser	(m)
LMTD	: beda temperatur rata-rata logaritma	(°C)
L_{evap}	: panjang evaporator	(m)
m	: laju aliran massa	(kg/s)
N	: putaran	(rpm)
N_k	: jumlah lingkaran dalam susunan coil	
N_{td}	: jumlah kedalaman tube (<i>tube deep</i>)	
P	: tekanan	(Pa, kPa)
ΔP	: penurunan tekanan	(Pa, kPa)
Q, q	: kalor	(kW, TR)
Q_V	: kapasitas udara	(m ³ /s)
R_{CT}	: tahanan kontak termal fin	(m ² K/W)
R_T	: tahanan termal	(m ² K/W)
R_{xx}	: <i>fouling factor</i>	(m ² K/W)
r	: jari-jari pipa	(m, mm)
S_L	: jarak horisontal antara pipa	(m, mm)
S_T	: jarak vertikal antara pipa	(m, mm)
S_f	: jarak spasi fin	(m, mm)
S_g	: <i>specific gravity</i>	
T	: temperatur	(°C)
U	: koefisien perpindahan kalor menyeluruh	(W/m ² K)
u, v	: kecepatan aliran fluida	(m/s)
v	: volume spesifik fluida	(m ³ /kg)
W	: daya	(W/kW)
x	: kualitas uap	
Y	: tinggi fluida di dalam tangki	(m)
y	: tebal fin	(m, mm)



α	: difusivitas termal udara	(m^2/s)
β	: $1/T$	(K^{-1})
ε	: <i>clearance</i> kompresor	
η	: efisiensi	
μ	: viskositas dinamis	(kg/ms)
ν	: viskositas kinematis	(m^2/s)
ρ	: massa jenis	(kg/m^3)

Bilangan tak Berdimensi

Pr	: bilangan Prandtl
Ra	: bilangan Rayleigh
Re	: bilangan Reynolds

Subskrip

a	: percepatan
ad	: adiabatik
df	: dua fase
f	: gesekan, liquid jenuh
fg	: penguapan
g	: gas