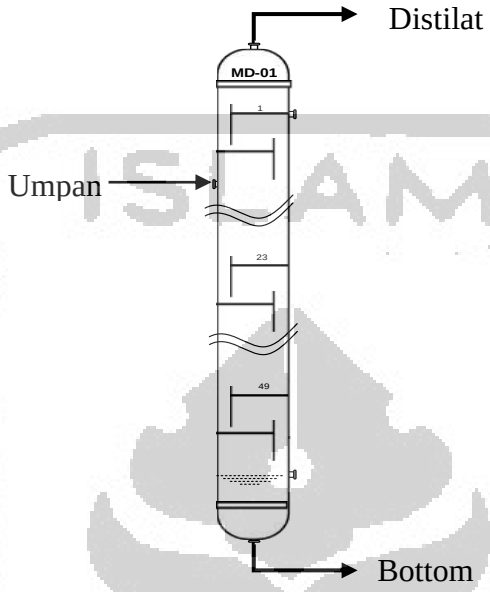
LAMPIRAN

PERHITUNGAN PERANCANGAN ALAT



Kode : MD-01

Fungsi : Memisahkan CH_4 dari C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, dan C_5H_{12} sebagai produk LNG

Tujuan :

f. Menghitung tinggi menara

g. Menghitung diameter menara

h. Menentukan jumlah plate

i. Menentukan letak umpan

Langkah Perancangan :

1. Menentukan kondisi operasi umpan, distilat, dan bottom

a. Kondisi operasi umpan (Bubble point)

P = 38 atm = 28.880 mmHg

T = -83,58^{o}C = 189,57 K

Komponen	Umpan (kg/jam)			Pi	Ki = Pi/P	yi = xi.Ki
	kg/jam	fi (kmol/jam)	xi			
CH4	193857.6637	12085.889	0.862	33431.537	1.158	9.98E-01
C2H6	27018.36727	898.516	0.064	988.727	0.034	2.19E-03
C3H8	26332.76566	597.115	0.043	76.226	0.003	1.12E-04
C4H10	19252.63251	331.257	0.024	6.190	0.000	5.07E-06
C5H12	7385.457891	102.363	0.007	0.452	0.000	1.14E-07
Total	273846.8871	14015.13896	1	34503.133	1.195	1.00E+00

b. Kondisi uperasi distilat (Dew point)

P = 23 atm = 17.480 mmHg

T = -84,61 ^{o}C = 188,54 K

Komponen	Distilat			Pi	Ki = Pi/P	xi = yi/Ki
	kg/jam	di (kmol/jam)	yi			
CH4	193663.8061	12073.80337	0.975	32390.408	1.853	0.526
C2H6	9478.398233	315.2111152	0.025	937.692	0.054	0.474
C3H8		0	0	70.919	0.004	0.000
C4H10		0	0	5.648	0.000	0.000
C5H12		0	0	0.403	0.000	0.000
Total	203142.2043	12389.01449	1	33405.070	1.911	1.000

c. Kondisi operasi bottom (Bubble point)

P = 40 atm = 30.400 mmHg

T = 50,92 °C = 324,07 K

Komponen	Umpan Masuk			Pi	Ki = Pi/P	yi = xi.Ki
	kg/jam	fi (kmol/jam)	xi			
CH4	193.8576637	12.086	0.007	797578.823	26.236	1.95E-01
C2H6	17539.96903	583.305	0.359	52506.349	1.727	6.20E-01
C3H8	26332.76566	597.115	0.367	13100.330	0.431	1.58E-01
C4H10	19252.63251	331.257	0.204	3814.522	0.125	2.56E-02
C5H12	7385.457891	102.363	0.063	1237.548	0.041	2.56E-03
Total	70704.68276	1626.124477	1	868237.57	28.56	1.00E+00

2. Menentukan jumlah plate minimum

$$Nm = \frac{\log\left((\frac{X_{lk}}{X_{hk}})_D.(\frac{X_{hk}}{X_{lk}})_B\right)}{\log \alpha_{lk}}$$ = 2,4 plate = 3 plate

3. Menentukan *reflux* minimum

a. Pers. Gibbs

$$\sum \frac{\alpha_i X_{iF}}{\alpha_i - \theta} = 1 - q$$ (coulson and Richardson, eq 11.61 p-421)

Komponen	**Xif**	**αi**	**αi* Xif**	**(αi* Xif)/(αi -θ)**
CH4	0.8623	33.8127	29.1582	0.9780
C2H6	0.0641	1.0000	0.0641	-0.0214
C3H8	0.0426	0.0771	0.0033	-0.0008
C4H10	0.0236	0.0063	0.0001	0.0000
C5H12	0.0073	0.0005	0.0000	0.0000
TOTAL	1.0000			**0.956**

Diperoleh θ = 4

b. Persamaan Underwood

$\sum \frac{\alpha_i X_{iD}}{\alpha_i - \theta} = Rm + 1$ (coulson and Richardson, eq 11.60 p-421)

Komponen	Xid	αi	αi* Xid	(αi* Xid)/(αi -θ)
CH4	0.9746	34.5427	33.6638	1.1022
C2H6	0.0254	1.0000	0.0254	-0.0085
C3H8	0.0000	0.0756	0.0000	0.0000
C4H10	0.0000	0.0060	0.0000	0.0000
C5H12	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
TOTAL	1.0000			1.0937

Diambil : Roperasi = 1,5 Rmin

Rm + 1 = 1,0937

Rm = 0,09371

R = 0,14056

4. Menentukan jumlah plate teoritis

Rm/(Rm+1) = 0,0857
R/(R+1) = 0,1232
Nm/N = 0,095 (fig.11.11 Coulson & Richardson)
N = 31, 5789 plate
= 32 plate (termasuk reboiler)

5. Menghitung jumlah plate aktual

T avg = -16,84°C = 256,3 K

Komponen	BM	Viscositas				Xi	μ	μ. Xi
		A	B	C	D			
CH4	16.04	-7.3801	319.2500	0.0479	-0.0001	0.862	0.001	0.001
C2H6	30.07	-4.2694	289.5400	0.0171	0.0000	0.064	0.074	0.005
C3H8	44.10	-3.1759	297.1200	0.0095	0.0000	0.043	0.153	0.007
C4H10	58.12	-6.8590	673.9300	0.0220	0.0000	0.024	0.247	0.006
C5H12	72.15	-7.1711	747.3600	0.0217	0.0000	0.007	0.332	0.002

αa = 22,9065
μa = 0,020197
αa. μa = 0,46265

Sehingga efisiensi plate

$E_0 = 51 - 32{,}5.log(m_{avg}.a_{avg})$ = 61,8792%

Sehingga jumlah plate aktual

$$Nactual = \frac{Nteoritis}{Efisiensiplate}$$ = 51,7136 plate = 52 plate

6. Menentukan letak umpan

Menggunakan persamaan Kirkbride

$$\log\left(\frac{N_r}{N_s}\right) = 0{,}206\log\left[\left(\frac{B}{D}\right)\left(\frac{x_{f,HK}}{x_{f,LK}}\right)\left(\frac{x_{b,LK}}{x_{d,HK}}\right)^2\right]$$

Jumlah stage tanpa reboiler (Nr + Ns) = 51 stage

Log (Nr/Ns)	= -0,547133
Nr/Ns	= 0,2873
Nr + Ns	= 51
Ns	= 39,7288
Nr	= 11,2712
Letak umpan	= 12 plate dari atas

7. Menghitung diameter menara

Liquid-vapor flow factor

$$F_{LV} = \frac{L_w}{V_w}\sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}}$$

FLV distilat = 0,0396 m

FLV bottom = 0,5976 m

Tray spacing = 0,6 m

Nilai K1 dari fig. 11.27 Coulson

K1, distilat 0,11

K1, bottom 0,04

Flooding vapor velocity

$$u_f = K_1\sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

uf top = 0,324 m/s

uf bottom = 0,078 m/s

Design percent flooding at maximum flow
Vapor velocity umumnya dirancang sekitar 65 – 80% agar tidak terjadi flooding
Dirancang : uv, max = 80% uf
uv, distilat = 0,2592 m/s
uv, bottom = 0,0621 m/s

Maximum volumetric flow-rate

$$Q_v = \frac{V_w}{\rho_v}$$

Laju alir volumetrik distilat = 2,64 m^3/s
Laju alir volumetrik bottom = 0,9840 m^3/s

Net are required

$$A_n = \frac{Q_V}{u_{V,max}}$$

An distilat = 10,1836 m^2
An bottom = 15,8384 m^2

Downcomer Area
Downcomer area diambil 12 % dari total column area.*(Coulson and Richardson, 1983, p.569)*
Enriching section = 12%Ac
Stripping section = 12%Ac

Total Area
Total area terdiri atas net area (bagian tempat kontak uap-cair) dan downcomer area (bagian tempat mengalirkan cairan dari plate 1 ke plate di bawahnya)

$$At = \frac{An}{(1 - Ad)}$$

Diperoleh
Enriching section = 11,5723 m^2
Stripping section = 17,9982 m^2

Diameter kolom

$$D_c = \sqrt{\frac{4\,A_t}{\pi}}$$

Diameter atas = 3,8395 m
Diameter bawah = 4,7883 m

8. Menghitung tebal shell

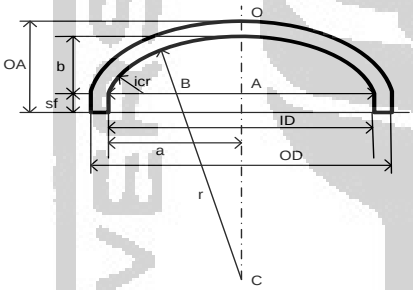
Digunakan bahan *Carbon Steels SA-299 Grade C*

Tekanan operasi : 558,4461 psi
Tekanan desain (P) : 670,1353 psi
Allowable stress : 18750
Efisiensi sambungan : 0,1250

$$t_{shell} = \frac{p \times r_i}{s \times e - 0.6 \times p} + c$$

Enriching section		Stripping section	
Jari-jari tangki	= 75,5806 in	Jari-jari tangki	= 94,2574 in
Tebal shell	= 3,3852 in	Tebal shell	= 4,1909 in
Tebal shell standat	= 3 in	Tebal shell standart	= 3 in

9. Menghitung tebal head



Bentuk head : torispherical dished head
Tekanan design (P) : 670,1353 psi
Allowable stress : 18750
Efisiensi sambungan : 0,8500
Faktor korosi : 0,125

$$th = \frac{0{,}885.P.rc}{(f.E - 0{,}1P)} + C$$

Enriching section		Stripping section	
Jari-jari tangki	= 75,5806 in	Jari-jari tangki	= 94,2574 in
Tebal head	= 2,9494 in	tebal head	= 3,6473 in
Tebal head standart	= 3 in	Tebal head standart	= 3 in

Dipilih tebal head MD = 3 in
tH standart = 7,62 cm = 0,0762 m

dari tH standart 3 inch, maka diperoleh nilai standard straight flange (sf) (brownell hal.89 antara 1.5 – 4.5 in diambil

nilai standard straight flange (sf) = 3 in = 0,0762 m

inside corner radius = 9 in = 0,2286 m

Hubungan flange dan torispherical heads :

OD = ID +(2.ts standard)

OD = r = 194,5148 inch = 4,4907 m, sehingga dipilih OD = 204 in

ID = 188,5148 inch

Berlaku hubungan dimensional :

$a = \frac{ID}{2} =$ 94,2547 in

$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$ = 23,0204 in

$AB = \frac{ID}{2} - (icr)$ = 85,2574 in

$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$ = 171,4908 in

$BC = r - (icr)$ = 191, 5148 in

$\mathrm{OA} = \mathrm{tH\ standard} + \mathrm{b} + \mathrm{sf}$ = 29,0240 in

10. Menghitung tinggi menara

Tinggi total Menara Destilasi = Tinggi shell + 2 Tinggi head

Tinggi shell = 18,600 m

Tinggi head = 0,7372 m

Tinggi MD = 20,074 m

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Sri Rezeki
   No. MHS : 15521143
2. Nama Mahasiswa : Farah Fauziyyah Indriasari
   No. MHS : 15521245

Judul Prarancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) DARI GAS ALAM DENGAN KAPASITAS 5.000.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 05 Oktober 2019

Batas Akhir Bimbingan : 02 April 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 April 2019	Konsultasi Judul Prancangan Pabrik	
2	16 Mei 2019	Penentuan Kapasitas	
3	02 Juli 2019	Bab I dan Bab II	
4	16 Juli 2019	Bab III	
5	25 Juli 2019	Bab III	
6	14 Agustus 2019	Ekonomi dan Utilitas	
7	22 Oktober 2019	Bab IV	
8	04 November 2019	Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 13 November 2019

Pembimbing,

Faisal R. M., Ir. Drs., M.T., Ph.D.

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa : Sri Rezeki

No. MHS : 15521243

Nama Mahasiswa : Farah Fauziyyah Indriasari

No. MHS : 15521245

Judul Prarancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) DARI GAS ALAM DENGAN KAPASITAS 5.000.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 08 April 2019

Batas Akhir Bimbingan : 05 Oktober 2019

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	01 April 2019	Pemilihan Judul Prarancangan Pabrik	
2	20 Mei 2019	Penentuan Kapasitas Pabrik	
3	25 Mei 2019	Revisi Penentuan Kapasitas	
4	25 Juni 2019	Pemilihan Proses	
5	27 Juni 2019	Pemilihan Bahan Baku dan Produk	
6	03 Juli 2019	Revisi proses	
7	08 Juli 2019	Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas	
8	15 Juli 2019	Perhitungan Menara Distilasi	
9	29 Juli 2019	Perancangan Alat	
10	11 September 2019	Revisi Perancangan Alat	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 11 November 2019

Pembimbing,

Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

)* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Sri Rezeki
   No. MHS : 15521143
2. Nama Mahasiswa : Farah Fauziyyah Indriasari
   No. MHS : 15521245

Judul Prarancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) DARI GAS ALAM DENGAN KAPASITAS 5.000.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 05 Oktober 2019

Batas Akhir Bimbingan : 02 April 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
11	07 Oktober 2019	Utilitas	
12	10 Oktober 2019	Process Engineering Flow Diagram	
13	14 Oktober 2019	Keseluruhan Naskah	
14	31 Oktober 2019	Naskah Final	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 11 November 2019

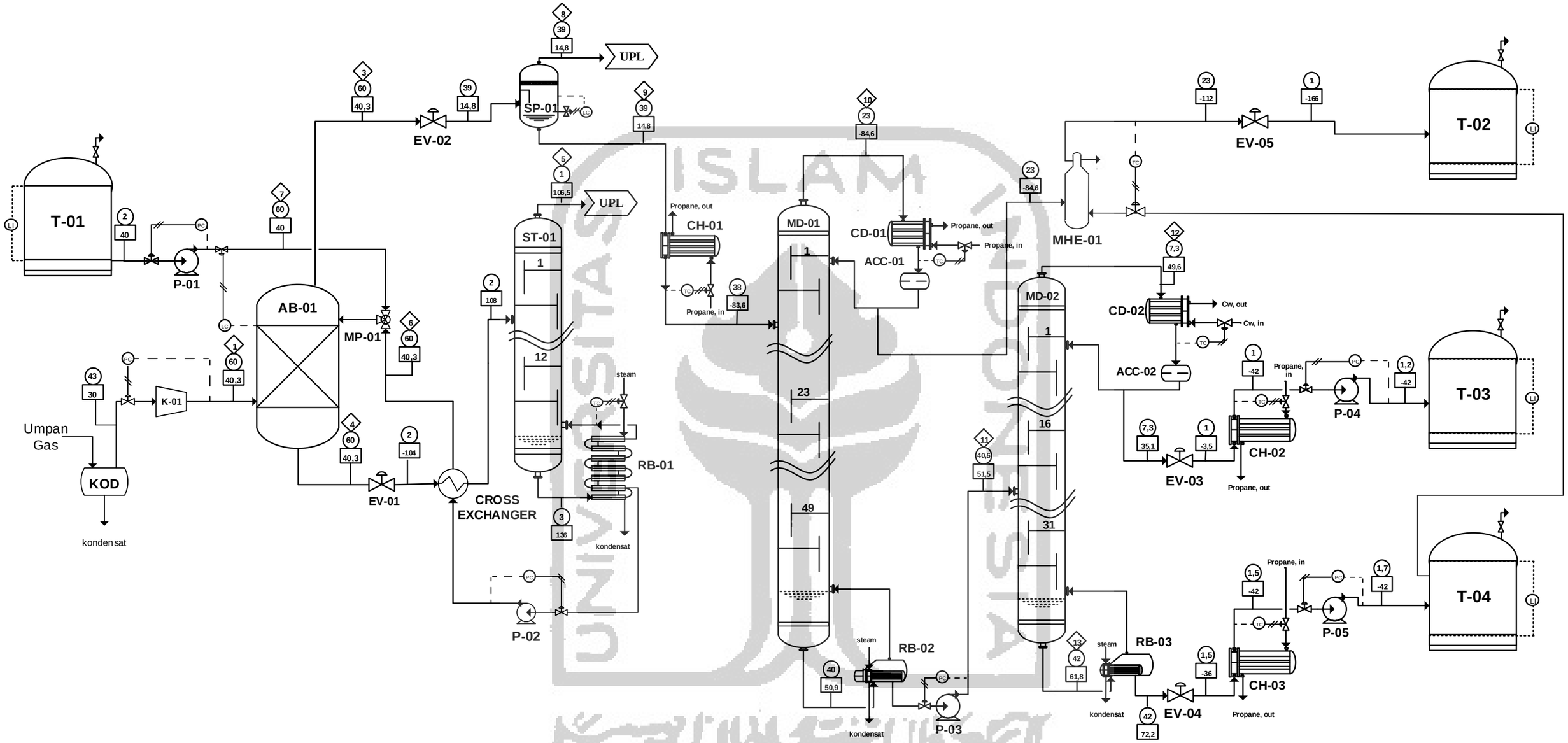
Pembimbing,

Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK *LIQUEFIED NATURAL GAS* (LNG) DARI GAS ALAM
DENGAN KAPASITAS 5.000.000 TON/TAHUN



Arus (kg/jam)													
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CH_4	575564.23		575564.23						575564.23	569808.58	5755.64		5755.64
C_2H_6	48105.20		48105.20						48105.20	31788.55	16316.65	326.33	15990.32
C_3H_8	51004.51		51004.51						51004.51		51004.51	14281.26	36723.25
i-C_4H_{10}	14228.96		14228.96						14228.96		14228.96		14228.96
n-C_4H_{10}	16927.55		16927.55						16927.55		16927.55	14726.97	2200.58
i-C_5H_{12}	8222.80		8222.80						8222.80		8222.80		8222.80
n-C_5H_{12}	5481.86		5481.86						5481.86		5481.86	381.44	5100.43
i-C_6H_{14}	13459.46		13459.46						13459.46		13459.46		13459.46
N_2	827.91		827.91					827.91					
CO_2	85267.49			85267.49	85267.49								
MDEA		230557.40		230557.40	2305.57	228251.82	2305.57						
H_2O		345836.10		345836.10	3458.36	342377.73	3458.36						
TOTAL	**819089.96**	**576393.49**	**733822.48**	**661660.98**	**91031.42**	**570629.56**	**5763.93**	**827.91**	**732994.56**	**601597.13**	**131397.43**	**29716.00**	**101681.43**

ALAT	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
ACC	Accumulator	RC	Ratio Control
HE	Heat Exchanger	LI	Level Indicator
MD	Menara Distilasi	FC	Flow Control
CD	Condenser	LC	Level Control
SP	Separator	PC	Pressure Control
P	Pump	TC	Temperature Control
RB	Reboiler	◇	Nomor Arus
EV	Expansion Valve	□	Suhu, °C
CL	Cooler	○	Tekanan, atm
MP	Mixed Point		Control Valve
K	Kompresor		Electric Connection
T	Tangki		Piping
AB	Absorber		Udara tekan
ST	Stripper		
CH	Chiller		
MHE	Main Heat Exchanger		
KOD	Knock Out Drum		

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK *LIQUEFIED NATURAL GAS* (LNG) DARI GAS ALAM
DENGAN KAPASITAS 5.000.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. Sri Rezeki 15521243
2. Farah Fauziyyah Indriasari 15521245

Dosen Pembimbing :
1. Faisal R. M., Ir. Drs., M.T., Ph.D.
2. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.