

## PEREKAYASAAN ALAT PENUKAR PANAS TIPE PELAT UNTUK REAKTOR TRIGA PELAT DENGAN SOFTWARE APLIKASI CHEMCAD

Abdul Jami, Hafni Lissa Nuri  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir - BATAN  
Gedung 71 Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan 15310

### ABSTRAK

*PEREKAYASAAN ALAT PENUKAR PANAS TIPE PELAT UNTUK REAKTOR TRIGA PELAT DENGAN SOFTWARE APLIKASI CHEMCAD. Perekayasa pendingin reaktor selama beroperasi memerlukan laju alir pendingin primer sebesar 70 kg/detik dan energi panas yang dibawa pendingin primer dipindahkan ke pendingin sekunder melalui alat penukar panas. Telah dilakukan simulasi dan pemodelan alat penukar panas jenis pelat menggunakan software aplikasi ChemCad. Hasil simulasi menunjukkan bahwa air pendingin sekunder yang diperlukan untuk mengambil beban panas dari air pendingin primer sebanyak 87,5081 kg/detik. Equipment sizing dengan metode rating untuk area excess minimal 10% digunakan pelat SS-304 dengan dimensi lebar 61 cm, tinggi 177 cm, tebal 0,06 cm, jarak antar pelat 0,356 cm dan jumlah 177 lembar diperoleh luas transfer panas 191,160 m<sup>2</sup> dan area excess 10,8%.*

*Kata kunci: Perekayasa, Alat Penukar Panas, Software ChemCad*

### ABSTRACT

*A PLATE HEAT EXCHANGER DESIGN FOR PLATE TRIGA REACTOR BY CHEMCAD APPLICATION SOFTWARE. An engineering-developent reactor coolant during operation requires a primary coolant flow rate of 70 kg / sec and the heat energy carried by the primary coolant is transferred to the secondary coolant through a heat exchanger. The simulation and modeling of plate heat exchangers using ChemCad application software have been done. The simulation results show that the secondary cooling water required to take the heat load from primary cooling water is 87.5081 kg/sec. Equipment sizing with rating method for excess area of at least 10% used SS-304 plate with dimension width 61 cm, height 177 cm, thickness 0.06 cm, distance between plate 0,356 cm and amount 177 sheet obtained heat transfer area 191.160 m<sup>2</sup> and excess area of 10.8%*

*Key words: Engineering-development, Heat Exchanger, ChemCad Software*

## 1. PENDAHULUAN

Energi dalam bentuk panas yang dibawa oleh air pada sistem pendingin primer berasal dari dalam teras reaktor sebagai akibat terjadinya proses fisi ketika reaktor beroperasi. Kemudian panas yang dihasilkan ini dipindahkan oleh sistem pendingin primer ke sistem pendingin sekunder melalui alat penukar panas. Suhu air pendingin primer masuk reaktor harus dijaga dan dimonitor sedemikian sehingga air pendingin primer keluar reaktor di bawah 49 °C. Hal ini harus dilakukan agar efektifitas resin dalam proses pemurnian air tidak terganggu, karena pada suhu lebih besar dari 49 °C resin tidak efektif lagi untuk digunakan dan sistem pendingin primer tidak bekerja dengan baik sehingga reaktor harus dihentikan[1].

Perekayasa alat penukar panas ini merupakan salah satu bagian dari kegiatan rekayasa “Desain Sistem Reaktor Triga Pelat” di lingkungan Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN Serpong periode kegiatan tahun 2017 dengan tujuan untuk memperoleh data teknis alat penukar panas.

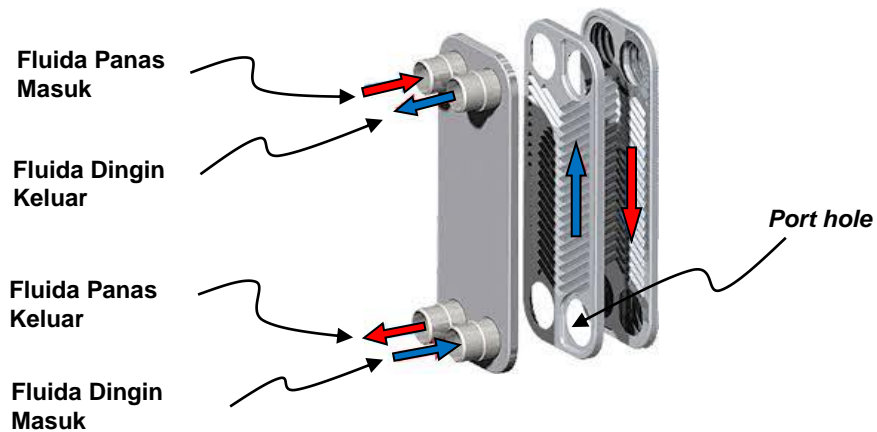
## 2. DASAR TEORI

Alat penukar panas atau *heat exchanger* jenis pelat seperti tampak pada Gambar 1 di bawah terdiri dari tumpukan pelat tipis yang sangat rapat dan diberi penyekat tipis atau gasket pada tepi pelat. Pemilihan jenis alat penukar panas ini didasarkan pada: mudah dalam perawatannya, sangat fleksibel dan mudah untuk menambahkan jumlah pelat yang digunakan[2,3,4].



Gambar 1. *Heat Exchanger* Jenis Pelat

Fluida panas dan fluida pendingin mengalir secara *counter current* terpisah melalui *nozzle* dan saluran antar pelat seperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2. Aliran Fluida Pada Pelat *Heat Exchanger*

Prinsip kerja dari alat penukar panas jenis pelat sebagai berikut: Saluran yang terbentuk antara pelat dan *porthole* di setiap sudut pelat yang tersusun sedemikian rupa sehingga kedua fluida mengalir melalui saluran masing-masing. Panas ditransfer melalui pelat antar saluran, dan aliran dibuat berlawanan arah. Konfigurasi kelokan pelat yang terbentuk di antara pelat, akan meningkatkan aliran turbulensi pada setiap fluida, sehingga menghasilkan perpindahan panas yang efisien.

Untuk perkayasaan alat penukar jenis pelat dan perhitungan teknis transfer panas antara fluida pendinginan dan fluida panas serta parameter-parameter yang lain, digunakan *software* aplikasi *ChemCad* dengan tahapan simulasi sebagai berikut: menentukan *engineering unit*, memilih komponen, menentukan sistem termodinamika, membuat *process flow diagram* (PFD)[5], mendefinisikan aliran umpan dan parameter peralatan, *running* program[5].

### 3. METODE KEREKAYASAAN

Metode kerekayasaan alat penukar panas jenis pelat dengan *software* aplikasi *ChemCad* adalah metode desain dan metode *rating*. Sesuai dengan data dari dokumen konseptual desain konversi reaktor triga, aliran fluida panas yaitu air pendingin primer dengan laju masa 70 kg/detik, suhu 42 °C dan tekanan 1,5 bar akan didinginkan menjadi 32 °C. Fluida pendingin yaitu air pendingin sekunder masuk alat penukar panas bersuhu 29 °C, tekanan 3 bar dan keluar bersuhu 37 °C.

Tabel 1. Data *Properties* Fluida

Komponen	T rata-rata °C	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	k W/m °C	$\mu$ mN.s/m <sup>2</sup>
Pendingin Primer	37	991,16	0,6282	0,6521
Pendingin Sekunder	33	995,63	0,6117	0,8466

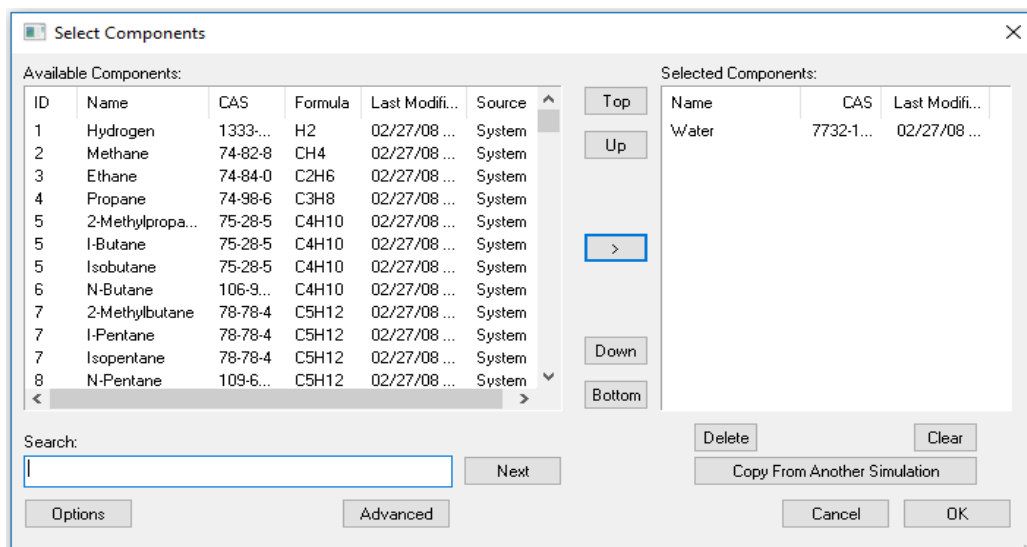
Untuk memperoleh data teknis alat penukar panas jenis pelat tersebut diperlukan simulasi menggunakan *software ChemCad versi 6.4.0* milik *PRFN – BATAN* dengan tahapan simulasi sebagai berikut.

#### 3.1 Penentuan *Engineering Unit*

*Engineering unit* adalah *unit* satuan yang digunakan dalam simulasi dan konfigurasi satuan dapat disesuaikan dengan satuan komponen umpan yang digunakan. Simulasi menggunakan *engineering unit Alt SI*.

#### 3.2. Pemilihan Komponen

Komponen dalam proses transfer panas baik fluida dingin maupun fluida panas harus teridentifikasi dan dipilih dalam simulasi. Hasil pemilihan komponen seperti tampak pada Gambar 3.



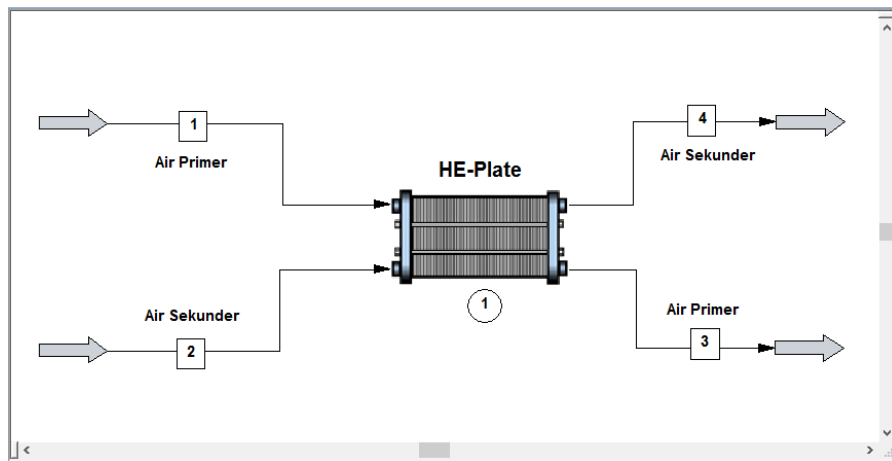
Gambar 3. Pemilihan Komponen

### 3.3. Pemilihan Sistem Termodinamika

Sistem termodinamika adalah metode yang digunakan untuk menghitung kesetimbangan fasa uap-cair (VLE) atau kesetimbangan fasa uap-cair-cair (VLLE) dalam simulasi[5]. Sistem termodinamika yang digunakan adalah *Ideal Vapor Pressure* mengikuti rekomendasi hasil seleksi yang dilakukan oleh *software*.

### 3.4 Pembuatan *Process Flow Diagram* (PFD)

PFD yaitu diagram alir yang digunakan dalam simulasi menggunakan *equipment* dengan simbol yang disediakan oleh *software*. Pada diagram alir ini, antar *equipment* dihubungkan dengan pipa yang dimodelkan dengan simbol *stream*. Simulasi menggunakan alat penukar panas jenis pelat dengan hasil PFD seperti tampak pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. *Process Flow Diagram*

### 3.5 Pendefinisian Aliran Umpan Fluida

Aliran fluida umpan terdiri dari aliran fluida panas (air primer) dan aliran fluida dingin (air sekunder). Komponen umpan ini harus didefinisikan terlebih dahulu melalui fasilitas *edit stream* sebelum disimulasikan. Hasil *edit stream* aliran umpan tampak pada Gambar 5. Sebagai berikut.

Stream No.	Stream Name	Temp C	Pres bar	Vapor Fraction	Enthalpy MJ/sec	Total flow	Total flow unit	Comp unit	Water
1	Air Primer	42.00001	1.5	0	12.30849	70	kg/sec	kg/sec	70
2	Air Sekunder	29	3	0	10.62385	87.50852	kg/sec	kg/sec	87.50852

Gambar 5. *Edit Stream* Aliran Fluida

### 3.6 Pendefinisian Parameter Peralatan

*Equipment* dan instrumentasi yang digunakan dalam pemodelan, parameter operasi yang digunakan setiap *equipment* didefinisikan sesuai dengan kondisi operasi dengan parameter *input* setiap *equipment* sebagai berikut:

#### **Heat Exchanger**

Model simulasi	=	0	<i>ChemCad Simulation</i>
<i>Utility option</i>	=	1	<i>Calculate flow of stream 2</i>
<i>Temperature stream 4</i>	=	37°C	Suhu aliran air sekunder keluar HE
<i>Temperature stream 3</i>	=	32°C	Suhu aliran air primer keluar HE

### 3.7 Proses Simulasi

Proses simulasi atau *running program* untuk mendapatkan data teknis alat penukar panas dilakukan dengan cara sebagai berikut.

#### 3.7.1 Line Sizing

*Line sizing* dilakukan untuk menentukan diameter pipa penghubung, diameter *nozzle* dan diameter *portholes* pelat. Hal ini berkaitan dengan pemilihan pelat standar yang akan digunakan. Hasil *line sizing* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Diameter Pipa Hasil *Line Sizing*

Line Sizing for Stream 1		Air Primer		
Stream Properties:				
Mass flow	kg/sec	70.0000		
Actual dens	kg/m <sup>3</sup>	991.1888		
Visc	N-s/m <sup>2</sup>	0.0007		
Pipe Parameters:				
		Calculated	Next larger	Next smaller
Schedule		40	40	40
Flow Regime		Single phase	Single phase	Single phase
Pipe ID in		7.9810	10.0428	6.1253
Nominal Dia. in		8.0000	10.0000	6.0000
Reynolds Number		673330.4	535094.6	877315.2
Line Sizing for Stream 2		Air Sekunder		
Stream Properties:				
Mass flow	kg/sec	87.5081		
Actual dens	kg/m <sup>3</sup>	995.6327		
Visc	N-s/m <sup>2</sup>	0.0008		
Pipe Parameters:				
		Calculated	Next larger	Next smaller
Schedule		40	40	40
Flow Regime		Single phase	Single phase	Single phase
Pipe ID in		7.9810	10.0428	6.1253
Nominal Dia. in		8.0000	10.0000	6.0000
Reynolds Number		649203.5	515920.9	845878.9

Dari hasil *line sizing* digunakan pelat standar pabrikan dari *Baltimore Air Coil* dengan model pelat *EC7*. dengan spesifikasi sebagai berikut[6]:

Bahan pelat	=	SS – 304
<i>Port Hole</i>	=	7,5 in
Tinggi	=	71,5 in
Lebar	=	24 in
Tebal	=	0,06 cm
Jarak antar pelat	=	0,356 cm

### 3.7.2 Equipment Sizing

*Equipment sizing* dilakukan untuk menentukan jumlah pelat yang akan digunakan dalam proses perpindahan panas dengan dua metode perhitungan yaitu metode desain dan metode *rating*.

#### Metode Desain

Metode desain digunakan untuk perancangan dasar alat penukar panas jenis pelat dimana data aliran masuk dan aliran keluar sebagai data *input* dan *software* akan menghitung sendiri jumlah pelat optimum yang digunakan. Hasil simulasi dengan metode desain ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis *Equipment Sizing* Metode Desain

<b>Overall Data:</b>			
Effective Area, m <sup>2</sup>	172.800	Service Coeff., W/m <sup>2</sup> -K	2824
Calculated Area, m <sup>2</sup>	172.456	Calculated Coeff., W/m <sup>2</sup> -K	2830
Calculated Clean Area, m <sup>2</sup>	95.347	Clean Coeff., W/m <sup>2</sup> -K	5118
MTD, Effective C	6.006	Heat Load, MJ/sec	
	2.931		
Area Excess,	0.2%	Area Per Unit, m <sup>2</sup>	
	172.800		
Gross Area, m <sup>2</sup>	172.752	MTD Factor	
	1.000		
<b>Cold Side Data:</b>			
Film Coef., W/m <sup>2</sup> -K	30000.0	Press. Drop, bar	0.1
Velocity, m/sec	0.503	Reynold's No	
	4553.5		
Fouling Factor, m <sup>2</sup> -K/W	0.000033		
<b>Hot Side Data:</b>			
Film Coef., W/m <sup>2</sup> -K	8000.0	Press. Drop, bar	0.1
Velocity, m/sec	0.4034	Reynold's No	
	3937.8		
Fouling Factor, m <sup>2</sup> -K/W	0.000125		
<b>Plate:</b>			
Width, m	0.610	Height, m	
	1.770		
Gap, in	0.140	Thermal Cond., W/m-K	
	16.200		
Corrugation	Chvron	Chevron Angle, degree	45.0
<b>Unit:</b>			
Number of Plates	160		
Cold Side Passes	1	Hot Side Passes	1
Number in Parallel	1	Number in Series	1
<b>Cold Side Nozzles:</b>			
Nozzle Inner Diameter			
Inlet, in	8.000	Outlet, in	
	8.000		
Number of Inlet Nozzles	1	Number of Outlet Nozzles	1
<b>Hot Side Nozzles:</b>			
Nozzle Inner Diameter			
Inlet, in	6.000	Outlet, in	
	6.000		

Number of Inlet Nozzles	1	Number of Outlet Nozzles	1
<b>General Specification:</b>			
Computation Mode Design			
<b>Cold Side :</b>		<b>Hot Side :</b>	
Coeff. Specified?	Yes	Coeff. Specified?	Yes
Fouling Specified?	No	Fouling Specified?	No

Hasil simulasi metode desain menunjukkan bahwa *area excess* masih terlalu kecil dengan jumlah pelat optimum 160, sehingga perlu dilanjutkan dengan metode *rating*.

**Metode Rating**

Metode *rating* digunakan untuk perancangan alat penukar panas jenis pelat dimana data aliran masuk dan aliran keluar sebagai data *input*. Jumlah pelat yang digunakan dirubah sedemikian sehingga diperoleh *area excess* sesuai yang dipersyaratkan yaitu minimal 10%. Hasil simulasi metode *rating* ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Analisis Equipment Sizing Metode Rating**

<b>Overall Data:</b>			
Effective Area, m <sup>2</sup>	191.160	Service Coeff., W/m <sup>2</sup> K	2553
Calculated Area, m <sup>2</sup>	172.456	Calculated Coeff., W/m <sup>2</sup> K	2830
Calculated Clean Area, m <sup>2</sup>	95.347	Clean Coeff., W/m <sup>2</sup> -K	5118
MTD, Effective C	6.006	Heat Load, MJ/sec	
	2.931		
Area Excess,	10.8%	Area Per Unit, m <sup>2</sup>	
	191.160		
Gross Area, m <sup>2</sup>	191.107	MTD Factor	
	1.000		
<b>Cold Side Data:</b>			
Film Coef., W/m <sup>2</sup> -K	30000.0	Press. Drop, bar	0.1
Velocity, m/sec	0.455	Reynold's No	
	4118.6		
Fouling Factor, m <sup>2</sup> -K/W	0.000033		
<b>Hot Side Data:</b>			
Film Coef., W/m <sup>2</sup> -K	8000.0	Press. Drop, bar	0.1
Velocity, m/sec	0.365	Reynold's No	
	3561.7		
Fouling Factor, m <sup>2</sup> -K/W	0.000125		
<b>Plate:</b>			
Width, m	0.610	Height, m	
	1.770		
Gap, in	0.140	Thermal Cond., W/m-K	
	16.200		
Corrugation	Chvron	Chevron Angle, degree	45.0
<b>Unit:</b>			
Number of Plates	177		
Cold Side Passes	1	Hot Side Passes	1
Number in Parallel	1	Number in Series	1
<b>Cold Side Nozzles:</b>			
Nozzle Inner Diameter			
Inlet, in	8.000	Outlet, in	
	8.000		

Number of Inlet Nozzles	1	Number of Outlet Nozzles	1
<b>Hot Side Nozzles:</b>			
Nozzle Inner Diameter			
Inlet, in	6.000	Outlet, in	
	6.000		
Number of Inlet Nozzles	1	Number of Outlet Nozzles	1

**General Specification:**

Computation Mode Rating

**Cold Side :**

Coeff. Specified? Yes

Fouling Specified? Yes

**Hot Side :**

Coeff. Specified? Yes

Fouling Specified? Yes

Hasil simulasi metode *rating* pada perancangan alat penukar panas jenis pelat dengan menggunakan berbagai jumlah pelat diperoleh luas transfer panas dengan *area excess* 10,8% yang dicapai pada penggunaan jumlah pelat sebanyak 177 lembar.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Simulasi perancangan alat penukar panas jenis pelat yang digunakan dalam proses pendinginan dengan menggunakan *software ChemCad 6.4.0* dengan metode desain dan metode *rating* telah dilakukan dengan hasil sebagai berikut:

Untuk proses pendinginan 70 kg/detik air pendingin primer keluar reaktor dari suhu 42 °C menjadi 32 °C diperlukan air pendingin sekunder sebanyak 87,5081 kg/detik dengan kondisi teknis suhu air masuk alat penukar panas 29 °C dan suhu air keluar 37 °C.

Beban panas	=	2,931	MJ/detik
Luas <i>transfer</i> panas efektif	=	191,160	m <sup>2</sup>
Luas <i>transfer</i> panas yang dibutuhkan	=	172,456	m <sup>2</sup>
<i>Area excess</i>	=	10,8	%
<i>Pressure drop</i>	=	0,1	bar
<i>LMTD (log mean temperature difference)</i>	=	3,915	°C
<i>MTD (mean temperature difference) efektif</i>	=	6,006	°C

Hasil simulasi pemodelan diperoleh luas *transfer* panas dengan *area excess* 10,8% dan *pressure drop* 0,1 bar cukup aman, jadi alat penukar panas hasil simulasi tersebut secara teoritis cukup baik untuk proses pendinginan fluida fase cair-cair khususnya air, yang akan digunakan pada Reaktor Triga Pelat .

Nilai *LMTD* yang masih dibawah nilai *MTD* efektif menunjukkan bahwa ada perbedaan nilai *LMTD* dengan *MTD* efektif sehingga perlu dilakukan perubahan desain suhu keluar pada pendingin sekunder agar diperoleh nilai *LMTD* sama atau mendekati nilai *MTD* efektif.

**5. KESIMPULAN.**

Dari hasil simulasi alat penukar panas jenis pelat dengan *software ChemCad* dan pembahasan di atas, diperoleh kebutuhan air pendingin sekunder untuk proses pendinginan sebanyak 87,5081 kg/detik dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Jenis	=	<i>Plate Heat Exchanger</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel (SS-304)</i>
Pelat Tinggi	=	177 cm



Lebar	=	61	cm
Tebal	=	0,06	cm
Gap	=	0,356	cm
Jumlah	=	177	lembar
Gasket	=	<i>Neoprene dan Nitrile Rubber</i>	
Diameter <i>nozzle hot side</i>	=	6	in
Diameter <i>nozzle cold side</i>	=	8	in
Diamter <i>port hole</i>	=	7,5	in

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anonim, 2016, *Konseptual Desain,"Konversi Reaktor Triga 2000 Menggunakan Bahan Bakar Jenis Standard General Atomic Menjadi Triga Pelat Menggunakan Bahan Bakar Tipe Pelat Produksi Dalam Negri"*, PTKRN-BATAN.
- [2] R.K. Sinnott, 2005, *"Chemical Engineering Design"*, Volume 6, Fourth Edition, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford.
- [3] Anonymous, 1993, *Guidance for Specification 126-5, "Design Of Plate-And-Frame Heat Exchangers For Offshore Use"*, The British Petroleum Company p.l.c.
- [4] Anonymous, *API Standard 662/ISO 15547:2000*.
- [5] Anonymous, 2011, *ChemCad Process Simulation Software Training*, PT. Ingenious, Jakarta.
- [6] Reinaldy Nazar, 17 – 18 Juli 2007, *"Karakteristik Temperatur Penukar Panas Reaktor Triga 2000 Bandung Untuk Berbagai Variasi Jumlah Pelat"*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN Bandung.