

## LINE SIZING JALUR PIPA SISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PLAT

Abdul Jami, Hafni Lissa Nuri  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN,  
Kawasan Puspiptek Gedung 71 Lantai 2, Serpong, 15314  
Email: abduljami@batan.go.id

### ABSTRAK

*LINE SIZING JALUR PIPA SISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PLAT. Telah dilakukan line sizing sistem pendingin primer reaktor triga pelat. Data hasil line sizing digunakan untuk pememilihan ukuran pipa dan pertimbangan jalur pipa existing sebagai jalur pipa sistem pendingin primer reaktor triga pelat. Pemilihan ukuran pipa mengacu pada standar nominal dan kecepatan aliran air maksimum 3 m/s serta pressure drop yang diperbolehkan 0,5 kPa/m. Jalur pipa existing menggunakan pipa berdiameter 6 in dan memakai satu pompa untuk mengalirkan air, namun untuk sistem pendingin reaktor triga pelat memakai dua pompa yang beroperasi secara paralel. Hal ini akan meningkatkan debit dan kecepatan aliran air serta pressure drop dalam pipa, sehingga memungkinkan terjadinya erosi pada permukaan pipa. Untuk itu, kecepatan aliran air dijaga dibawah 3 m/s dan pressure drop dibawah 0,5 kPa/m dengan cara menggunakan ukuran pipa yang sesuai. Dari beberapa data hasil line sizing, ukuran pipa yang memenuhi kriteria adalah pipa dengan diameter nominal 6 in untuk stream-A dan pipa dengan diameter nominal 8 in untuk stream-B.*

*Kata kunci : Line Sizing, Diameter Nominal, Laju linier, Pressure Drop.*

### ABSTRACT

*LINE SIZING OF PRIMARY COOLING SYSTEM PIPELINE FOR TRIGA REACTOR PLATE. Line sizing of primary cooling system for plate triga reactor has been carried out. The results of line sizing data are used to pipe sizes selection and consideration of the existing pipeline as a primary cooling system for plate triga reactor. The pipe size selection refers to the pipe nominal standard and the maximum water flow velocity is 3 m/s and allowable pressure drop in the pipe is 0.5 kPa/m. The existing pipeline uses a 6 in diameter pipe and used one pump to water flow, however the cooling system for plate triga reactor used two pumps that operate in parallel. This will increase the debit and the velocities of water flow and pressure drop in pipe, so that allowing occurrence erosion on the surface of pipe. For that, the velocities of water flow is kept below 3 m/s and pressure drop below 0.5 kPa/m by using the appropriate pipe size. From some data of line sizing results, the pipe size that meets the criteria is a pipe with a nominal diameter of 6 in for stream-A and pipes with a nominal diameter of 8 in for stream-B.*

*Key words : Line Sizing, Nominal Diameter, Velocity, Pressure Drop.*

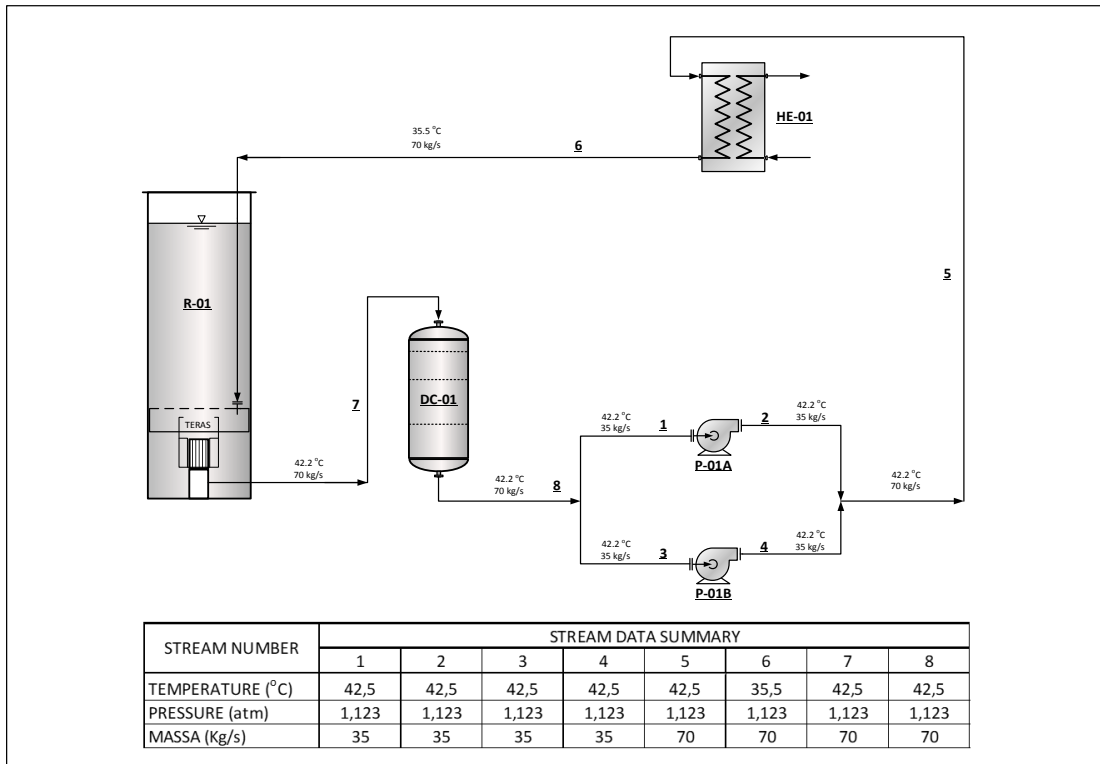
## 1. PENDAHULUAN

Sistem pendingin primer Reaktor Triga Pelat, akan memanfaatkan jalur pipa existing, yaitu jalur pipa berdiameter 6 in pada sistem pendingin primer Reaktor Triga 2000 Bandung. Jalur pipa *existing*, selama ini menggunakan satu pompa untuk mengalirkan air pendingin primer dari reaktor menuju *heat exchanger* dan kembali lagi ke reaktor. Dalam perencanaan, sistem pendingin primer Reaktor Triga Pelat akan menggunakan dua pompa yang beroperasi secara paralel untuk mengalirkan air pendingin primer tersebut.

Pengoperasian dua pompa secara paralel pada jalur pipa *existing* sistem pendingin primer, akan meningkatkan debit dan kecepatan aliran air serta *pressure drop* dalam pipa. Kecepatan dan *pressure drop* dalam pipa ini harus dibatasi, karena jika terlalu

tinggi akan memungkinkan terjadinya erosi pada permukaan pipa<sup>[1]</sup> dan dapat meningkatkan biaya operasional tahunan.

Dalam makalah ini, perhitungan *line sizing* dilakukan untuk mendapatkan data yang meliputi diameter pipa, kecepatan dan *pressure drop* dalam pipa. Data ini digunakan sebagai pertimbangan untuk pemilihan ukuran pipa dan mengevaluasi ukuran pipa *existing* yang akan digunakan sebagai sistem pendingin primer reaktor triga pelat. Pemilihan ukuran pipa mengikuti standar serta batasan umum yang berlaku dalam pemilihan ukuran pipa. Standar yang dimaksud meliputi standar nominal pipa dan batasan kecepatan aliran fluida serta *pressure drop* yang diperbolehkan selama pompa beroperasi. *Line sizing* dilakukan dengan menggunakan data *stream* pada *Process Flow Diagram (PFD)* sistem pendingin primer Gambar 1 berikut.



Gambar 1. PFD Sistem Pendingin Primer.

## 2. TEORI

*Line sizing* jalur pipa sistem pendingin primer yaitu melakukan estimasi diameter pipa yang akan digunakan dengan mengacu pada kecepatan aliran air dan *pressure drop* dalam pipa. Untuk fluida cair yang dialirkan dengan tenaga pompa, pemilihan ukuran pipa mengacu pada batasan desain umum yang digunakan, yaitu kecepatan aliran maksimum fluida ( $v$ ) 3 m/s dan *pressure drop* ( $\Delta P$ ) yang diizinkan 0,5 kPa/m<sup>[1, 2]</sup>. Batasan ini digunakan untuk menghindari kemungkinan terjadinya erosi pada sisi dalam permukaan pipa dan menjaga sekecil mungkin biaya operasional tahunan<sup>[1]</sup>.

### 2.1 Diameter Pipa (D)

Untuk fluida cair, diameter pipa dapat diestimasi menggunakan metode *Kent*<sup>[3]</sup> dengan persamaan (1) di bawah.

$$D = 2.607 \left( \frac{W}{\rho} \right)^{0.434} \dots \dots \dots (1)$$

D = diameter, in.  
 W = laju massa fluida, 1000 lb/hr.  
 $\rho$  = massa jenis fluida, lb/ft<sup>3</sup>

**2.2 Kecepatan Aliran Fluida (v)**

Kecepatan aliran fluida dalam pipa yang digunakan untuk mengestimasi ukuran pipa menggunakan persamaan (2) dan (3) di bawah.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

A = luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)  
 D = diameter dalam pipa (m)

$$v = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (3)$$

v = kecepatan terhitung (m/s)  
 Q = laju volume fluida (m<sup>3</sup>/s)

**2.3 Pressure Drop (ΔP)**

Untuk menentukan *pressure drop* fluida yang mengalir dalam pipa sistem pendingin primer menggunakan persamaan sebagai berikut.

Bilangan *Reynolds* untuk menentukan aliran laminar atau turbulen dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{D.v.\rho}{\mu} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Faktor friksi dihitung berdasarkan persamaan *Colebrook*<sup>[4]</sup>.

Untuk aliran laminar.

$$f_D = \frac{64}{Re} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Untuk aliran turbulen (Re>2000) menggunakan (6) dan (7) berikut.

$$f_D = \left( 1.14 + 2 \log \left( \frac{D}{\epsilon} \right) \right)^{-2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$f_D = \left( -2 \log \left( \frac{\epsilon}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f_D}} \right) \right)^{-2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Untuk menghitung *pressure drop* menggunakan persamaan *Darcy's Weisbach*<sup>[4]</sup>.

$$\Delta P = f_D \frac{L.\rho.v^2}{2D} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$\Delta P$  = *pressure drop* (N/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)  
 v = kecepatan linier fluida (m/s)  
 D = diameter dalam pipa (m)  
 L = panjang pipa (m)  
 $f_D$  = *darcy friction factor*  
 $\epsilon$  = *surface rougness* (m)  
 Re = *reynolds number*  
 $\mu$  = *viskositas* (kg/m.s)

### 3. LINE SIZING

Kegiatan perhitungan *line sizing* yaitu mengestimasi ukuran diameter pipa, kecepatan aliran air, dan *pressure drop* dalam pipa dengan tata urutan sebagai berikut:

#### 3.1 Mengumpulkan Data

Data yang diperlukan dalam *line sizing* mengacu pada data desain sistem Reaktor Triga Pelat, data tersebut tertera pada *Process Flow Diagram* (PFD) sistem pendingin primer seperti tampak pada Gambar 1 di atas. Data terbagi dalam beberapa stream, yaitu *stream* 1, 2, 3, 4 (pipa *suction* dan *discharge* pompa) selanjutnya sebagai *stream-A* dan *stream* 5, 6, 7, 8 sebagai *stream-B* dengan rincian data sebagai berikut:

*Stream* 1, 2, 3, 4.

Laju massa air	w	=	35	kg/s
Suhu	T	=	42,5	°C
Tekanan	P	=	1,123	atm
Density	$\rho$	=	991	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	$\mu$	=	6x10 <sup>-4</sup>	N.s/m <sup>2</sup>

*Stream* 5,7, 8.

Laju massa air	w	=	70	kg/s
Suhu	T	=	42,5	°C
Tekanan	P	=	1,123	atm
Density	$\rho$	=	991	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	$\mu$	=	6x10 <sup>-4</sup>	N.s/m <sup>2</sup>

*Stream* 6.

Laju massa air	w	=	70	kg/s
Suhu	T	=	35,5	°C
Tekanan	P	=	1,123	atm
Density	$\rho$	=	991	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	$\mu$	=	6x10 <sup>-4</sup>	N.s/m <sup>2</sup>

#### 3.2 Menghitung Diameter Pipa

Sesuai dengan data stream di atas, diameter pipa dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dengan perhitungan dan hasil sebagai berikut:

*Stream A*

$$\begin{aligned}
 w &= 35 && \text{kg/s} \\
 &= 277,78 && \text{1000 lb/hr} \\
 \rho &= 991 && \text{kg/m}^3 \\
 &= 61,866 && \text{lb/ft}^3 \\
 D &= 2,607 \left( \frac{w}{\rho} \right)^{0.434} \\
 &= 2,607 \left( \frac{277,78}{61,866} \right)^{0.434} \\
 &= 5,47 && \text{in}
 \end{aligned}$$

*Stream B*

$$\begin{aligned}
 w &= 70 && \text{kg/s} \\
 &= 555,57 && \text{1000 lb/hr} \\
 \rho &= 991 && \text{kg/m}^3 \\
 &= 61,866 && \text{lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 2,607 \left( \frac{w}{\rho} \right)^{0.434} \\
 &= 2,607 \left( \frac{555,57}{61,866} \right)^{0.434} \\
 &= 7,71 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Ukuran diameter pipa mengacu pada standar komersial pipa yang beredar di pasaran. Sesuai hasil perhitungan di atas, untuk *stream-A*, diameter nominal pipa yang menjadi pilihan antara lain 5 in, 6 in, 8 in dan untuk *stream-B*, diameter nominal pipa yang menjadi pilihan antara lain 6 in, 8 in, dan 10 in.

### 3.3 Menghitung Kecepatan Aliran Fluida Dalam Pipa

Kecepatan aliran air dalam pipa dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3). Hasil perhitungan seperti tampak pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah:

*Stream A*

$$\begin{aligned}
 w &= 35 && \text{kg/s} \\
 \rho &= 991 && \text{kg/m}^3 \\
 Q &= 0,0353 && \text{m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Kecepatan aliran fluida pada stream A.

Diameter Pipa			A (m <sup>2</sup> )	v (m/s)
Nominal (in)	ID (in)	ID (m)		
5	5,047	0,1282	0,0129	2,7
6	6,065	0,1541	0,0186	1,9
8	7,981	0,2027	0,0326	1,1

*Stream B*

$$\begin{aligned}
 w &= 70 && \text{kg/s} \\
 \rho &= 991 && \text{kg/m}^3 \\
 Q &= 0,0706 && \text{m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Laju linier fluida pada stream B.

Diameter Pipa			A (m <sup>2</sup> )	v (m/s)
Nominal (in)	ID (in)	ID (m)		
6	6,065	0,1541	0,0186	3,8
8	7,981	0,2027	0,0326	2,2
10	10,020	0,2545	0,0508	1,4

### 3.4 Menghitung Pressure Drop Dalam Pipa

Material pipa yang digunakan aluminium Al 6061 T6 schedule 40 dengan *surface roughness*  $\epsilon = 2.10^{-6}$  m. *Pressure drop* dalam pipa dihitung menggunakan persamaan (4), (5), (6), (7), dan (8) dengan hasil perhitungan seperti tampak pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah:

*Stream A*

$$\begin{aligned}
 w &= 35 && \text{kg/s} \\
 \rho &= 991 && \text{kg/m}^3 \\
 \mu &= 0,0006 && \text{N-s/m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Pressure drop pada stream A.

Nominal (in)	ID (m)	v (m/s)	Re	$\epsilon$ (m)	$\frac{\epsilon}{ID}$	$f_D$	$\Delta P$ kPa/m
5	0,1282	2,7	571680	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	0,01304	0,3675
6	0,1541	1,9	483438	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,01337	0,1552
8	0,2027	1,1	368304	$2 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	0,01396	0,0413

Stream B

w	= 70	kg/s
$\rho$	= 991	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	= 0,0006	N-s/m <sup>2</sup>

Tabel 4. Pressure drop pada stream B.

Nominal (in)	ID (m)	v (m/s)	Re	$\epsilon$ (m)	$\frac{\epsilon}{ID}$	$f_D$	$\Delta P$ kPa/m
6	0,1541	3,8	966875	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,01197	0,5557
8	0,2027	2,2	736607	$2 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	0,01242	0,1469
10	0,2545	1,4	588507	$2 \cdot 10^{-6}$	$7,9 \cdot 10^{-6}$	0,01285	0,0490

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan *Line sizing* merupakan cara untuk mengevaluasi pemanfaatan jalur pipa existing yang akan digunakan sebagai jalur pipa sistem pendingin primer Reaktor Triga Pelat. Acuan batasan dalam *line sizing* pipa ini, mengacu pada batasan desain umum yang berlaku dalam pemilihan dan mengevaluasi ukuran pipa. Batasan desain yang digunakan untuk mengevaluasi ukuran pipa ini adalah kecepatan aliran air maksimum 3 m/s dan pressure drop maksimum yang diperbolehkan 0,5 kPa/m.

Data laju massa air pada jalur pipa yang digunakan untuk *line sizing* yaitu 35 kg/s untuk jalur pipa *stream-A* dan 70 kg/s untuk jalur pipa *stream-B*. Kedua data laju massa ini, digunakan untuk mengestimasi ukuran diameter pipa dan dari hasil perhitungan diperoleh data ukuran nominal pipa masing-masing untuk *stream-A* terkecil 5 in, medium 6 in, terbesar 8 in, untuk *stream-B* data ukuran nominal pipa masing-masing terkecil 6 in, medium 8 in, terbesar 10 in. Data hasil estimasi ukuran nominal pipa ini, digunakan untuk menghitung kecepatan aliran air dan *pressure drop* dalam pipa. Data hasil perhitungan kecepatan aliran air untuk *stream-A* seperti tampak pada Tabel 1 dan untuk *stream-B* tercantum dalam Tabel 2. Perhitungan *pressure drop* pada masing-masing ukuran pipa hasilnya tergantung pada diameter pipa, kecepatan aliran fluida, material pipa dan sifat fluida yang mengalir dalam pipa. Hasil perhitungan *pressure drop* untuk *stream-A* seperti tampak pada Tabel 3. dan untuk *stream-B* seperti dalam Tabel 4.

Untuk menentukan ukuran pipa mana yang menjadi pilihan, maka data kecepatan dan *pressure drop* tersebut dibandingkan dengan data batasan maksimum yang telah ditetapkan dengan pilihan sebagai berikut:

- Kecepatan aliran air dan *pressure drop* dalam pipa, untuk *stream-A* baik pipa berdiameter 5 in, 6 in, dan 8 in nilainya di bawah ambang batas maksimum, sehingga ketiga ukuran pipa tersebut dapat digunakan sebagai alternatif pilihan. Namun, karena diameter nominal pipa existing pada sistem pendingin primer 6 in, maka pipa existing *stream-A* pada bagian *suction* dan *discharge* pompa tersebut dapat digunakan.
- sedangkan untuk *stream-B*, kecepatan aliran air dan *pressure drop* dalam pipa hanya pipa berdiameter 6 in yang nilainya diatas ambang batas yang ditetapkan, sehingga pipa berdiameter 8 in dan 10 in menjadi alternatif pilihan. Berdasarkan kedua hal di atas, maka ukuran pipa dengan diameter nominal 8 in yang menjadi pilihan, yaitu untuk digunakan sebagai jalur pipa sistem pendingin primer reaktor triga pelat.

## 5. KESIMPULAN.

Untuk menghindari terjadinya erosi pada sisi dalam permukaan pipa, maka kecepatan aliran fluida dan *pressure drop* dalam pipa harus dijaga dibawah ambang batas yang telah ditentukan, yaitu kecepatan aliran air di bawah 3 m/s dan *pressure drop* di bawah 0,5 kPa/m. Dari hasil pembahasan dan perhitungan *line sizing* di atas, dapat disimpulkan bahwa ukuran pipa yang dapat digunakan untuk jalur pipa sistem pendingin primer reaktor triga pelat adalah pipa dengan diameter nominal 6 in untuk *stream-A* dan pipa dengan diameter nominal 8 in untuk *stream-B*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coulson & Richardson's,"Chemical Engineering Design",Volume 6, Fourth Edition Linacre House, Jordan Hill, Oxford , 2005
- [2] PT. Rekayasa Industri,"Line Sizing Calculation", 2015
- [3] George R. Kent, "Preliminary Pipeline Sizing", Chemical Engineering, September 25, 1978.
- [4] De Nevers, N., Fluid Mechanics, Addison-Wesley Publishing Co. Inc.,Phillipines, 1970.