

# PERANCANGAN JALUR PIPA SIRKULASI *CHILLER* DI PERUSAHAAN KOSMETIK LOKAL INDONESIA

Achmad Rifai Hamzah dan Arief Rahmatulloh

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
[rifaihamzah31@gmail.com](mailto:rifaihamzah31@gmail.com) ; [[arief1289@polinema.ac.id](mailto:arief1289@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Sistem pendingin merupakan salah satu sistem yang sangat penting untuk kebutuhan penunjang proses produksi. Penambahan unit *chiller* juga akan berpengaruh terhadap jalur perpipaan. *Headloss* pada jalur perpipaan harus dihitung untuk merancang jalur pipa baru pada unit *chiller* agar *supply* fluida pada unit *chiller* tercukupi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida ke dalam jalur pipa sirkulasi *chilled water*. Pompa yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pompa jenis sentrifugal. Perhitungan dilakukan dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian, dilanjutkan dengan melakukan pengukuran di lapangan untuk kemudian hasil pengukuran diaplikasikan ke dalam gambar sebagai acuan untuk perhitungan *headloss* pada jalur pipa sirkulasi *chilled water*. Didapatkan desain jalur pipa sirkulasi *chiller* berupa gambar 3D dan *headloss* pada pipa sirkulasi *chilled water* sebesar 28,006 m dengan *minor + major loss* sebesar 16,7969 m, panjang pipa adalah 36,27 m, dan *elevation head* sebesar 5,16 m. Spesifikasi pompa yang diperlukan untuk mengalirkan fluida *chilled water* harus memenuhi *head* minimal 28 meter. Spesifikasi pompa yang kurang dari kebutuhan menyebabkan fluida tidak dapat dialirkan dengan maksimal dan kinerja pompa maupun motor semakin berat.

**Kata kunci:** *Chilled Water, Chiller, Headloss, Pipa Sirkulasi, Pompa Sentrifugal*

## ABSTRACT

*The cooling system is one of the most important systems for the needs of supporting the production process. The addition of a chiller unit will also affect the piping line. Headloss on the piping line must be calculated to design a new pipeline on the chiller unit so that the fluid supply in the chiller unit is sufficient. This study aims to determine the pump capacity needed to drain fluid into the chilled water circulation pipeline. The pump to be used in this study is a centrifugal type pump. The calculation is carried out by conducting a literature study related to the research topic, followed by taking measurements in the field and then the measurement results are applied to the image as a reference for the calculation of headloss in the chilled water circulation pipeline. The chiller circulation pipe design was obtained in the form of 3D drawings and headloss on the chilled water circulation pipe of 28,006 m with minor + major loss of 16,7969 m, pipe length is 36,27 m, and elevation head is 5,16 m. The pump specifications needed to drain chilled water fluid must meet a head of at least 28 meters. Pump specifications that are less than needed cause the fluid cannot be flowed optimally and the performance of the pump and motor is getting heavier.*

**Keywords:** *Chilled Water, Chiller, Headloss, Circulation Pipe, Centrifugal Pump*

## 1. PENDAHULUAN

Setiap pabrik pasti memiliki mesin untuk memproduksi suatu produk mulai dari bahan baku hingga barang jadi. Salah satu perusahaan kosmetik lokal di Indonesia mempunyai mesin olah yang memproduksi produk *solid, semi – solid, liquid, dan powder*.

Masing – masing jenis bahan baku mempunyai karakteristik yang berbeda. Mesin olah tersebut juga pasti mempunyai kondisi operasi tertentu. Untuk kondisi operasi terutama temperatur, tidak selalu di dalam temperatur ruangan, bisa kurang dan bisa lebih juga. Mesin – mesin olah yang beroperasi pada temperatur  $>30^{\circ}\text{C}$ , membutuhkan *boiler* sebagai sistem utilitas yang membantu untuk menaikkan kondisi operasi mesin tersebut melalui *steam* yang dihasilkan sehingga kondisi operasi berubah menjadi  $<30^{\circ}\text{C}$  [1]. Temperatur diatur sesuai dengan standar kondisi operasi proses. Mesin yang mempunyai kondisi operasi dengan temperatur tinggi juga membutuhkan pendinginan sehingga diperlukan adanya *chiller* yang berfungsi sebagai sistem penukar panas untuk menjaga kestabilan temperatur operasi di dalam mesin olah [2]. Pada bagian inti dari *Chilled Water System*, *chiller* bekerja dengan menghilangkan panas dari air melalui siklus pendinginan atau yang disebut juga dengan *Refrigeration Cycle* [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Ubaedillah (2016) menyebutkan bahwa untuk mengoptimalkan aliran air agar memenuhi kebutuhan yang diinginkan, maka diperlukan sistem pemipaan dan pompa yang sesuai dan efisien dalam men-suplai air tersebut [4]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Prahara (2017) juga menyebutkan bahwa diperlukan perencanaan dengan teknis yang benar (aman untuk keselamatan dan aman untuk jaringan pipa), kebutuhan fluida terpenuhi, dan ekonomis [5]. Jika terdapat penyesuaian jalur dan penambahan unit, maka otomatis juga perlu ditambahkan pompa agar *supply* fluida untuk sirkulasi maupun distribusi tercukupi. Penelitian lain menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi jika ketinggian atau kapasitas yang diperlukan tidak tercapai seringkali melibatkan pompa tambahan yang dalam pengoperasiannya disusun secara variasi yaitu seri, paralel, atau kombinasi seri dan paralel [6]. Pompa adalah suatu mesin atau alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari satu tempat ke tempat lain melalui media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus [7]. Pompa yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal adalah pompa yang mempunyai elemen utama yaitu berupa motor penggerak dengan *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi. Kelebihan pompa sentrifugal adalah memiliki efisiensi tinggi, pengoperasiannya yang mudah, konstruksi sederhana, dan harga yang relatif lebih rendah [8]. Pompa ini dipilih karena bersifat sangat ekonomis dan perawatannya yang cukup mudah. Selain itu, pompa jenis ini dipilih karena fluida yang dialirkan memiliki viskositas yang rendah sehingga tidak memerlukan jenis pompa dengan kriteria khusus [9].

Berdasarkan latar belakang dan hasil penelitian terdahulu, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida ke dalam jalur pipa sirkulasi *chilled water*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pencarian studi literatur untuk menentukan urgensi penelitian, dilanjutkan dengan melakukan observasi lapangan untuk mengukur *layout* secara nyata dan kemudian hasil pengukuran diaplikasikan ke dalam desain gambar dan perhitungan:

## 2.1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pendalaman materi dan mencari referensi mengenai cara mendesain jalur perpipaan dan perhitungan *head loss* pada pompa. Literatur yang dipakai yaitu jurnal, *website*, dan artikel yang membahas mengenai cara memilih pompa yang baik dan benar, cara menghitung *headloss* pada pompa, serta hal lain yang berkaitan dengan penelitian ini seperti pengertian tentang *boiler*, *chiller*, dan pompa sentrifugal.

## 2.2. Observasi Lapangan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah pengukuran secara nyata di lapangan sebagai acuan untuk mendesain kebutuhan pompa dan pipa sirkulasi *chiller*. Hal yang diukur seperti dimensi tangki, pompa, hingga *layout* yang berada di dalam area *chiller*. Hasil pengukuran dan pencatatan dari tangki *chiller*, *valve*, dan juga *fitting* lainnya seperti *pressure gauge*, *temperature indicator*, dan *balancing valve* adalah untuk menentukan ukuran dari *layout* atau tata letak yang akan digunakan untuk instalasi pipa sirkulasi *chiller*.

## 2.3. Desain dan Perhitungan Kapasitas

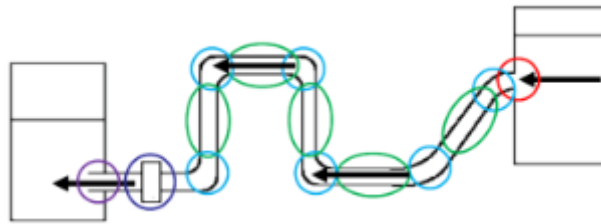
Hasil dari pengukuran akan digunakan sebagai basis untuk mendesain jalur pipa sirkulasi *chiller*. Perhitungan kapasitas pompa juga perlu dilakukan agar bisa menentukan diameter pipa yang digunakan dan juga *head loss* pada pipa sirkulasi *chiller*. Untuk menentukan Pompa yang akan dipakai, diperlukan *head* pada *system* dan debit air pendingin. Pompa harus mempunyai daya yang dapat mengatasi *head* dan *pressure drop* tiap peralatan dan *pressure drop* sistem. Besar *Pressure drop* sistem tergantung pada komponen yang terdapat pada sistem dan instalasinya. *Pressure drop* terdiri dari *major* dan *minor losses* [10].

### 2.3.1. Head Loss

Kerugian energi atau *head* yang terjadi pada instalasi pompa terdiri atas *head* kerugian gesek di dalam pipa dan *head* kerugian di dalam aksesoris perpipaan seperti belokan-belokan, *reducer/diffuser*, *valve*, dan sebagainya [11].

### 2.3.2. Major Losses dan Minor Losses

Pada setiap instalasi pipa air bertekanan pasti akan mengalami *head loss*. *Head loss* adalah penurunan tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa. *Head loss* pada instalasi pipa disebabkan oleh beberapa hal, secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu *major head loss* dan *minor head loss*. *Major head loss* disebabkan oleh gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa dan *minor head loss* disebabkan oleh beberapa hal antara lain, aliran masuk fluida ke dalam pipa (*inlet*), aliran keluar fluida dari pipa (*outlet*), sambungan pipa/*fitting* atau sambungan pipa tanpa *fitting/ butt fusion*, dan yang terakhir katup/*valve*. Dibawah ini merupakan gambar yang menjelaskan tentang posisi terjadinya *head loss* pada sebuah instalasi perpipaan [12].



**Gambar 1.** Major dan Minor Head Loss Pada Pipa

Hal ini dapat diaplikasikan dalam persamaan nomor (1) [13].

$$hlp = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

Di mana  $hlp$  adalah *major losses*,  $f$  adalah faktor gesekan dalam pipa (m),  $L$  adalah panjang pipa (m),  $V$  adalah kecepatan aliran (m/s), dan  $g$  adalah percepatan gravitasi (m/s).

$$hlf = n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Di mana  $hlf$  adalah *minor losses*,  $n$  adalah jumlah *fitting/valve*,  $k$  adalah koefisien gesekan,  $v$  adalah kecepatan aliran (m/s), dan  $g$  adalah percepatan gravitasi (m/s). Sehingga hasil perhitungan dapat digabungkan dan diperoleh persamaan matematis sebagai berikut:

$$hls = hlp + hlf \quad (3)$$

Di mana  $hls$  adalah *total losses* dari hasil perhitungan *major loss* dan *minor loss*,  $hlp$  adalah Jumlah *major losses*, dan  $hlf$  adalah jumlah *minor losses*.

Dari perhitungan tersebut, juga perlu ditambahkan hal – hal lain yang menyebabkan *losses*. Pada penulisan ini membahas terkait mesin *chiller*, maka juga perlu disubstitusikan *pressure drop* dari mesin *chiller* tersebut. Hal yang harus dimasukkan juga di dalam perhitungan adalah dengan menambahkan *safety factor* dengan cara dikalikan dengan 1,5 dari hasil perhitungan [14].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data

Berikut ini adalah data yang digunakan untuk melakukan perancangan. Data ini berisi spesifikasi alat, pompa, panjang pipa, dan juga komponen lainnya. Data tersebut akan dilampirkan di dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Rencana Kebutuhan Panjang Pipa Sirkulasi Chiller

Segmen	Kebutuhan Panjang Pipa				
	length (mm)				
	2,5"	3"	4"	6"	8"
Hot Water Tk to Header 1			6004		
Header 1					1810
Header 1 to Circ Pump			3246		
Circ pump to header 2	2036	4072			
Header 2		14887			
Header 2 to Chiller				10836	
Output Chiller to header 3				8724	
Header 3					19379
Cold Water Tk to Header 4				6026	
Header 4					1420
Header 4 to Dist. Pump			1656		
Dist. Pump to Header 5		4443			
Header 5					1220
Header 5 to Dist. Line					8076
Total (mm)	2036	23402	10906	25586	31905
Total (m)	2,036	23,402	10,906	25,586	31,905

**Tabel 2.** Data Fluida Chiller

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas Fluida	998	kg/m <sup>3</sup>
Gravitasi	9,8	m/s
Kekasaran relatif	3	mm
Viskositas	0.0010016	Pa.s

### 3.2. Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 3.** Diameter dan Panjang Pipa Sirkulasi Chiller

Segmen	NPS	Pipe Diameter (m)	Length (m)
Hot Tank to Circ Pump	6"	0,151	4,692
Header	8"	0,1999	1,066
A	8"	0,1999	6,57
B	8"	0,1999	3,698
C	8"	0,1999	6,129
D	8"	0,1999	5,3
E	8"	0,1999	3,698
F	6"	0,151	8,753

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan *Major Loss*

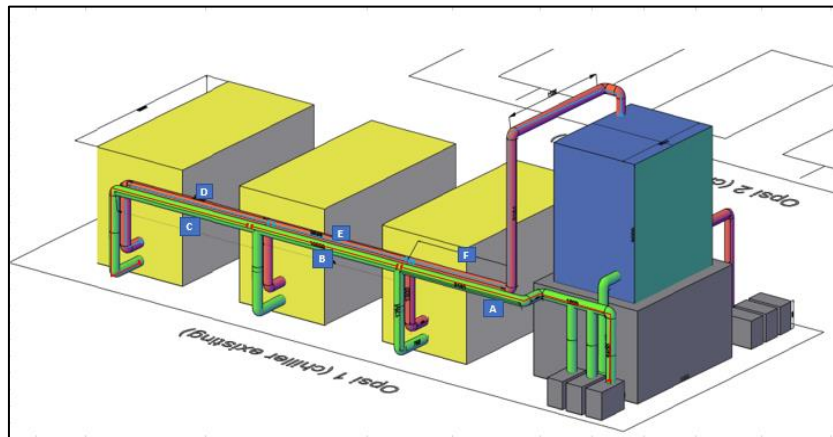
<i>Major Loss</i>					
<i>Cross-Section Area (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Flow Rate (m<sup>3</sup>/h)</i>	<i>Velocity (m/s)</i>	<i>Re</i>	<i>Friction Factor</i>	<i>Friction Loss (m)</i>
0,01790	175	2,7145	408418,1	0,14864	1,7364866
0,03138	175	1,5488	308509,9	0,18103	0,1181666
0,03138	175	1,5488	308509,9	0,18103	0,7282876
0,03138	120	1,0620	211549,6	0,18103	0,1927483
0,03138	60	0,5310	105774,8	0,18103	0,0798643
0,03138	60	0,5310	105774,8	0,18103	0,0690620
0,03138	120	1,0620	211549,6	0,18103	0,1927483
0,01790	175	2,7145	408418,1	0,14864	3,2394432

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan *Minor Loss*

<i>Segmen</i>	<i>BFV</i>	<i>Globe Valve</i>	<i>Elbow 90°</i>	<i>Tee Flow Through Run</i>	<i>Kl (Loss Coefficient)</i>	<i>Minor Loss</i>
<i>Hot Tank to Circ Pump</i>	2		1		1,84	0,691743
<i>Header</i>	7				3,29	0,402698
A				1	0,6	0,073440
B				1	0,6	0,034532
C			2		1,8	0,025899
D			2	1	2,4	0,034532
E		1		1	10,6	0,610065
F		1	4		13,6	5,1128891

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan *Head Total*

<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Head Total</i>	23,3339	m
<i>Safety Factor</i>	1,5	m
<i>Minor + Major Loss</i>	16,7969	m
<i>Elevation Head</i>	5,16	m
<i>Safety Head</i>	28,0006	m
<i>Panjang Pipa</i>	36,27	m



**Gambar 2.** *Drawing Pipa Sirkulasi Chiller 3D*

Data di atas adalah hasil perhitungan *Head Loss* pompa sentrifugal pada pipa sirkulasi *chiller*. Terdapat beberapa segmen (dapat dilihat pada Gambar 2). Fungsinya adalah menjadi batas antara bagian 1 dengan bagian yang lain. Dapat dilihat pada segmen A dan B, akan ada pembatas ujung dari segmen A akan berakhir di *fitting tee*. Sedangkan segmen B dan seterusnya juga mempunyai batasan masing-masing. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan di atas bahwa *minor loss* dapat disebabkan karena adanya *fitting, valve, pressure drop*, dan hal lainnya yang dapat menyebabkan aliran fluida menjadi terhambat akibat gesekan antara fluida dengan benda tersebut [15]. Sedangkan *major loss* didapatkan dari hasil data *friction loss* yang didapatkan dari diameter pipa, panjang pipa, *velocity*, dan *Reynold Number*. Dari *major loss* dan *minor loss*, ditambahkan *elevation head* untuk menghitung *losses* secara vertikal, kemudian dijumlahkan semua dan hasilnya menjadi *Head Total*. Selanjutnya, dari *head total* dikalikan dengan *safety factor* yaitu 1,5.

Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah untuk memenuhi kebutuhan fluida untuk jalur pipa sirkulasi *chiller*, didapatkan *head total* sebesar 28,006 meter dengan *minor +major loss* sebesar 16,7969 m. Kebutuhan panjang pipa yang diperlukan adalah 36,27 m dan *elevation head* sebesar 5,16 m. Penelitian lain menyebutkan bahwa *head total* untuk mengalirkan fluida air bersih berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar 15,94 m. Pompa yang terpasang pada sistem perpipaan tersebut mempunyai head sebesar 30 m sebanyak 2 unit, sehingga pompa tersebut dapat memenuhi kebutuhan pada sistem [4]. Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan, maka pompa yang dibutuhkan harus mempunyai spesifikasi minimum berdasarkan *head total* yang telah dihitung yaitu spesifikasi pompa yang dibutuhkan minimal harus mempunyai *head total* sebesar 30 m sehingga pompa bekerja tanpa mengalami kavitasi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai spesifikasi pompa didapatkan dari hasil perhitungan *head loss* yang sudah dikalikan dengan *safety factor* yaitu sebesar 28,006 m dengan *minor + major loss* sebesar 16,7969 m, panjang pipa sebesar 36,27 m, dan *elevation head* sebesar 5,16 m. Artinya adalah spesifikasi pompa minimum yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida sesuai

kebutuhan tidak boleh kurang dari nilai tersebut karena akan berdampak pada kekuatan pompa untuk mengalirkan fluida. Jika spesifikasi pompa kurang dari nilai tersebut, maka fluida tidak dapat dialirkan dengan maksimal dan akan menyebabkan kerja pompa dan motor semakin berat. Selain itu, besar sekali kemungkinan terjadinya fluida yang akan balik ke pompa diakibatkan pompa tidak kuat untuk mengalirkan fluida sesuai kebutuhan. Akibatnya adalah terjadi kekosongan pada jalur perpipaan yang akan dialirkan.

Saran untuk penelitian atau studi literatur berikutnya adalah bahwa perlunya dilakukan perhitungan lebih lanjut mengenai daya dan efisiensi pada pompa sentrifugal yang akan digunakan sebagai data untuk instalasi pipa sirkulasi *chilled water* serta perlunya pemahaman yang lebih detail mengenai perhitungan kapasitas pendinginan agar data yang didapatkan semakin lengkap untuk instalasi.

## REFERENSI

- [1] Y. Daeng Polewangi dan V. G. Sani, "Analisis Sistem Perawatan Boiler di PT. Dewa Rencana Perangin-Angin," *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, 2017.
- [2] A. Reynaldi dan E. Koswara, "Analisis Efisiensi Kerja Chiller pada Mesin Ekstruder di PT Arteria Daya Mulia Cirebon," hlm. 459–459, 2015.
- [3] M. Rafif, M. Al Fakhri, S. Prajogo, dan A. S. Kurniasetiawati, "Prosiding The 12 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung," 2021.
- [4] Ubaedilah, "Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa untuk Suplai Air Bersih di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor," 2016.
- [5] D. Prahara, "Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih pada Bangunan Kondotel dengan Menggunakan Sistem Gravitasi dan Pompa," 2017.
- [6] Y. Kurniawan, "Uji Karakteristik Pompa Sentrifugal pada Cooling Hydronic System menggunakan Refrijeran Ramah Lingkungan," *Jurnal Teknologi Terapan |*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [7] S. Nurmayanti dan S. Prajogo, "Perancangan Pompa Sentrifugal pada Proses Pendinginan Minuman di PT Mayora Indah Tbk," 2022.
- [8] G. Ranggalatama dan H. Pranoto, "Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 09, no. 2, hlm. 88, 2020.
- [9] M. Pancoko, A. Jami, P. Batan, K. Puspipetek, G. 71, dan T. Selatan, "Kriteria Pemilihan Pompa untuk Mengalirkan Larutan Asam Fosfat ke *Mixer Settler* pada Proses *Recovery* Uranium dari Asam Fosfat," vol. 9, no. 1, 2012.
- [10] A. S. A. Pribadi, "Perencanaan Jaringan Perpipaan Pipa Pendingin PLTU Lombok Timur Beserta Fasilitasnya," 2015.
- [11] A. Agung, A. Suryawan, dan G. K. Sukadana, "Penentuan dimensi perpipaan sistem pompa paralel," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. 9, no. 1, hlm. 84–90, 2016.
- [12] Rucika, "Head Loss Pada Instalasi Pipa," 2018.
- [13] Sumardi, "Fluid Friction Apparatus," 2020.
- [14] L. Teknik, "Faktor Keamanan (*Safety Factor*) dalam Perancangan Elemen Mesin," 2012.
- [15] A. Ghurri, *Aliran Fluida Internal dan Eksternal*. Bali, 2015.