

ANALISA JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA AIR BERSIH GEDUNG PABRIK PERAKITAN PT. ADM

Dadang Suhendra Permana

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650
Email: dadangsuhendrapermana2016@gmail.com

Abstrak -- Suplai air bersih pada gedung Pabrik Perakitan PT ADM menggunakan sistem pemipaan dan pompa air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan kenyataan di lapangan, tidak ditemukan data-data sekunder pendukung spesifikasi pompanya. Analisa dilakukan guna mengetahui apakah kapasitas pompa sesuai dengan sistem pemipaan yang terpasang di gedung. Sistem pemipaan yang dihitung adalah sistem pemipaan dari tangki air di dasar lantai menuju ke tangki air yang ada diatas gedung. Untuk menganalisa jenis dan spesifikasi pompa maka harus ditetapkan dulu debit air yang dibutuhkan, kapasitas komponen-komponen yang akan digunakan seperti diameter pipa, kapasitas tangki air di lantai dasar dan di atap gedung serta head total pada sistem pemipaan. Berdasarkan hasil perhitungan didapat debit air yang dibutuhkan $0,02969 \text{ m}^3/\text{min}$ dan head total yang terjadi sebesar $15,9 \text{ m}$. Maka spesifikasi pompa yang diperlukan adalah $40 \times 32A_2 - 5 0,75$. Spesifikasi pompa tersebut tidak jauh berbeda dengan yang sudah diterapkan dilapangan. Pompa tersebut tidak mengalami kavitasi karena $NPSHa (14,119 \text{ m}) > NPSHr (0,478 \text{ m})$.

Kata kunci: Sistem pemipaan, Pompa sentrifugal, Aliran fluida, Head pompa, Spesifikasi pompa

Abstract -- Water supplier in the Assembly Plant Building 3rd floor at PT ADM, there is a piping system and water pump used to supply clean water for daily activity. Based on actual in the field there is no secondary data to determine pump specification. The Purpose of this analysis is to get pump specification accordingly of the piping system in the canteen building 3rd floor. Method used to study library, interview and related piping system formula include calculating pump. Calculation of piping system is piping system from bottom reservoir to upper reservoir in the top building. In determining pump type and specification used in that building include water discharge needs, determine component capacity used such as pipe diameter, reservoir tank upper and bottom capacity and head total of the piping system. Based on calculation result, water capacity needs $0,02969 \text{ m}^3/\text{min}$ and head total of the piping system $15,9 \text{ m}$. Therefore pump specification determine is $40 \times 32A_2 - 5 0,75$. That specification no specific different with pump instaled in the building. Pump instaled in the canteen building not occur cavitation because $NPSHa (14,119 \text{ m}) > NPSHr (0,478 \text{ m})$.

Keywords: Piping system, Centrifugal pump, Fluid flow, Head pump, Pump specification

PENDAHULUAN

Air menjadi salah satu sumber kehidupan yang sangat vital selain udara. Air bersih merupakan jenis sumber daya air bermutu baik untuk dimanfaatkan oleh manusia guna keperluan sehari-hari seperti mandi, mencuci dan sebagainya.

Sistem distribusi air bersih merupakan suatu jaringan perpipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa, reservoir dan perlengkapan lainnya. Sistem penyediaan air bersih sering mengalami masalah dalam hal debit maupun tekanan yang berkaitan dengan kriteria hidrolis yang harus dipenuhi dalam sistem pengaliran air bersih (Purba, 2014).

Pemenuhan kebutuhan suplai air bersih yang maksimal pada gedung bertingkat sangatlah dibutuhkan guna menjaga fungsinya.

Oleh sebab itu pengisian air dari GWR (Gound Water Reservoir) ke tangki atas gedung haruslah terjaga keberadaannya setiap waktu dan setiap saat (Sugeng dan Yusril, 2016) (Shrinivas *et.al.*, 2016) (MacCarthy *et.al.*, 2017).

Beberapa masalah lain yang timbul dalam pemenuhan kebutuhan air adalah jumlah atau ketersediaan sumber air, pengolahan sumber air, posisi atau letak sumber air, sistem pendistribusian dan sistem operasional dan pemeliharaan yang berkelanjutan. Dalam menjaga kontinuitas kerja jaringan perpipaan dengan sistem pompa yang direncanakan, maka diperlukan suatu sistem operasional dan pemeliharaan sehingga sarana yang telah dibangun dapat berfungsi sesuai rencana. (Gaspar *et.al.*, 2015).

Gedung Pabrik Perakitan PT ADM menggunakan sistem pemipaan dan pompa untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari. Kenyataan di lapangan, tidak ditemui data-data sekunder yang dapat mendukung proses operasional dan pemeliharaan yang berkelanjutan, demikian juga untuk menguji tingkat efisiensi sistem pemompaan yang terpasang.

Kondisi inilah menuntut dilakukannya analisa, mencakup reservoir (*Ground tank*), sistem pemipaan sampai ke tangki penampungan air yang berada di atap (*Roof tank*).

STUDI PUSTAKA

Sistem Pemipaan

Pendistribusian air bersih pada gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh tempat dalam gedung (Maghfurah dkk, 2013).

Sistem Pemipaan didefinisikan sebagai suatu sistem jaringan pipa yang terpasang dalam

suatu rangkaian untuk menyalurkan fluida. Komponen pemipaan terdiri dari pipa, *flange*, *fitting*, pembautan, *gasket*, *valve*, dan bagian-bagian dari komponen pemipaan lainnya. Termasuk juga gantungan pipa dan suport dan item lainnya yang diperlukan untuk mencegah tekanan dan tegangan berlebih dari komponen-komponen yang bertekanan (Peterson, 2016).

Komponen sistem pemipaan yang pertama adalah pipa. Pipa merupakan silinder panjang dari bahan logam/metal/kayu dan seterusnya, yang berfungsi untuk mengalirkan fluida (air, gas, minyak dan cairan lain) dari suatu tempat ke tempat lain sebagaimana yang dikehendaki. Selain itu, terdapat pula *Nominal Pipe Size* (NPS) (Filho *et. al.*, 2016).

NPS merupakan penanda ukuran pipa berdimensi. Hal ini menunjukkan standar ukuran pipa bila diikuti dengan jumlah penunjukan ukuran tertentu tanpa simbol inch. *Diameter Nominal* (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metric. Tabel 1 memperlihatkan penanda ukuran pipa berdimensi NPS dan DN (Lathoomun *et. al.*, 2016) (Leishear *et. al.*, 2016).

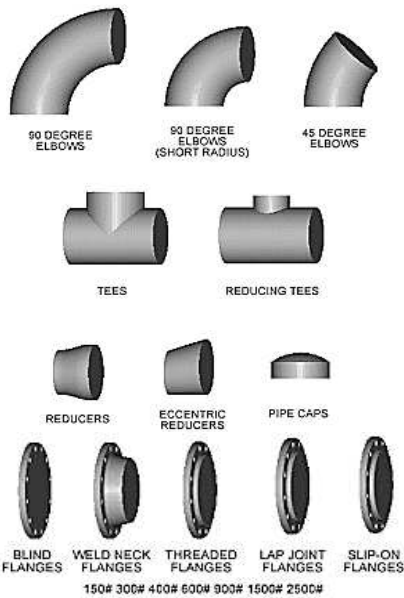
Tabel 1. *Pipe size designators: NPS and DN* 22 (standart-steel-pipe/sch40-80-ASTM-A53)

| NPS Designator | DN Designator | Outside Diameter | | Intside Diameter | | Wall Thickness | | Nominal Weight (Mass) / unit Length | | | |
|----------------|---------------|------------------|-------|------------------|-------|----------------|------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | Inches | mm | Inches | mm | Inches | mm | Plain End (Lb / ft) | Plain End (Kg / m) | Threads Couplings Lb / ft | Threads Couplings Kg / m |
| 1/8 | 6 | 0.405 | 10.3 | 0.269 | 6.8 | 0.068 | 1.73 | 0.24 | 0.37 | 0.25 | 0.37 |
| 1/4 | 8 | 0.540 | 13.7 | 0.364 | 9.2 | 0.088 | 2.24 | 0.43 | 0.63 | 0.43 | 0.63 |
| 3/8 | 10 | 0.675 | 17.1 | 0.493 | 12.5 | 0.091 | 2.31 | 0.57 | 0.84 | 0.57 | 0.84 |
| 1/2 | 15 | 0.840 | 21.3 | 0.622 | 15.8 | 0.109 | 2.77 | 0.85 | 1.27 | 0.86 | 1.27 |
| 3/4 | 20 | 1.050 | 26.7 | 0.842 | 20.9 | 0.113 | 2.87 | 1.13 | 1.69 | 1.14 | 1.69 |
| 1 | 25 | 1.315 | 33.4 | 1.049 | 26.6 | 0.133 | 3.38 | 1.68 | 2.50 | 1.69 | 2.50 |
| 1.1/4 | 32 | 1.660 | 42.2 | 1.380 | 35.1 | 0.140 | 3.56 | 2.27 | 3.39 | 2.28 | 3.40 |
| 1.1/2 | 40 | 1.900 | 48.3 | 1.610 | 40.9 | 0.145 | 3.68 | 2.72 | 4.05 | 2.74 | 4.04 |
| 2 | 50 | 2.375 | 60.3 | 2.067 | 52.5 | 0.154 | 3.91 | 3.66 | 5.44 | 3.68 | 5.46 |
| 2.1/2 | 65 | 2.875 | 73.0 | 2.469 | 62.7 | 0.203 | 5.16 | 5.80 | 8.63 | 5.85 | 8.67 |
| 3 | 80 | 3.500 | 88.9 | 3.068 | 77.9 | 0.216 | 5.49 | 7.58 | 11.29 | 7.68 | 11.35 |
| 3.1/2 | 90 | 4.000 | 101.6 | 3.548 | 90.1 | 0.226 | 5.74 | 9.12 | 13.57 | 9.27 | 13.71 |
| 4 | 100 | 4.500 | 114.3 | 4.026 | 102.3 | 0.237 | 6.02 | 10.80 | 16.07 | 10.92 | 16.23 |
| 5 | 125 | 5.563 | 141.3 | 5.047 | 158.2 | 0.258 | 6.55 | 14.63 | 21.77 | 14.90 | 22.07 |
| 6 | 150 | 6.625 | 168.3 | 6.065 | 154.1 | 0.280 | 7.11 | 18.99 | 28.26 | 19.34 | 28.58 |
| 8 | 200 | 8.625 | 219.1 | 7.981 | 202.7 | 0.322 | 8.18 | 28.58 | 42.55 | 29.35 | 43.73 |
| 10 | 250 | 10.750 | 273.0 | 10.020 | 254.5 | 0.365 | 9.27 | 40.52 | 60.29 | 41.49 | 63.36 |
| Standard Pipe | | | | | | | | | | | |
| 12' | 300 | 12.750 | 323.8 | 12.000 | 304.8 | 0.375 | 9.52 | 49.61 | 73.78 | 51.28 | 76.21 |

Note : NPS 12 dimensions are for standard wall pipe, not schedule 40.

Komponen system pemipaan berikutnya adalah *Flange*. *Flange* merupakan mekanisme penyambung pipa dan elemennya. Pemakaian flange, akan mempermudah bongkar pasang tanpa mengurangi kegunaan sistim pipa untuk mengalirkan fluida pada pressure yang tinggi. *Valve* juga komponen pemipaan berikutnya. *Valve* merupakan sebuah alat untuk mengatur aliran fluida dengan menutup, membuka atau menghambat laju aliran fluida, contoh katup

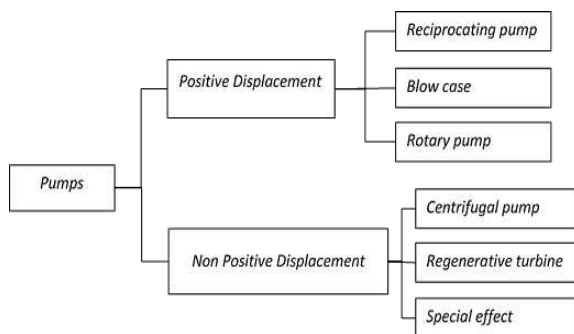
adalah keran air. Juga terdapat *Fitting* yang merupakan komponen pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah, menyebarkan, membesar atau mengecilkan aliran. *Fitting* merupakan salah satu pemain utama dalam menyambung. *Fitting* bukanlah Nama untuk individu, melainkan Nama yang digunakan untuk pengelompokan. Adapun Jenis *Fitting* antara lain: *Elbow*, *Cross* (Silang), *Reducer*, *Tee*, *Cap* (Penutup), *Elbowlet*. Jenis-jenis *fitting* diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fitting (Sularso, 2006)

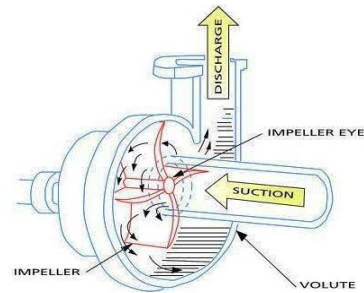
Pompa

Pompa merupakan suatu mekanisme pemindah cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkannya. Kenaikan tekanan cairan sangat dibutuhkan guna mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran. Salah satu sumber umum *terminology*, definisi, hukum dan standar pompa adalah *Hydraulic Institute Standards* dan telah disetujui oleh *American National Standards Institute (ANSI)* sebagai standar internasional. Klasifikasi pompa berdasarkan tipe didefinisikan oleh *Hydraulic Institute* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi Pompa

Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*) merupakan pompa *non positive displacement* yang memanfaatkan gaya sentrifugal menjadi head untuk memindahkan zat cair. Contoh Pompa Sentrifugal diperlihatkan pada Gambar 3. Akibat bentuk konstruksinya, pompa sentrifugal menjadikan aliran fluida yang keluar dari impellernya tegak lurus poros pompa secara kontinyu.



Gambar 3. Pompa Sentrifugal (Sularso, 2006)

Sifat Aliran Fluida pada Pipa

Terdapat beberapa aliran fluida pada pipa, yaitu Aliran Laminer dan Aliran Turbulen. Aliran fluida jenis Laminer akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (*steady*) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminer dapat diketahui dari perhitungan *Reynold Number* seperti tercantum pada Persamaan (1).

$$R_e = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \tag{1}$$

dimana:

- ρ = Density fluida
- V = Kecepatan aliran fluida
- D = Diameter dalam pipa
- μ = Viskositas dinamik
- ν = Viskositas kinematik

Tabel 2. Sifat-sifat Fisik Air (Sularso, 2006)

| T ° C | P _{VAPOUR} 10 ⁵ Pa | ρ Kg/m ³ | ν= 10 ⁵ m ² /s |
|----------|-------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 0 | 0.00611 | 1000.0 | 1.792 |
| 4 | 0.00813 | 1000.0 | 1.568 |
| 10 | 0.01227 | 999.7 | 1.307 |
| 20 | 0.02337 | 998.2 | 1.004 |
| 25 | 0.03166 | 887.1 | 0.893 |
| 30 | 0.04241 | 995.7 | 0.801 |
| 40 | 0.07375 | 992.3 | 0.658 |
| 50 | 0.12335 | 988.1 | 0.554 |
| 60 | 0.19920 | 983.2 | 0.475 |
| 70 | 0.31162 | 977.8 | 0.413 |
| 80 | 0.47360 | 971.7 | 0.365 |
| 90 | 0.70109 | 965.2 | 0.326 |
| 100 | 0.01325 | 958.2 | 0.294 |
| 110 | 1.43266 | 950.8 | 0.268 |
| 120 | 1.98543 | 943.0 | 0.246 |
| 130 | 2.70132 | 934.7 | 0.228 |
| 140 | 3.61379 | 926.0 | 0.212 |
| 150 | 4.75997 | 916.9 | 0.199 |
| 160 | 6.18065 | 907.4 | 0.188 |

Sementara itu, aliran Turbulen terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi *steady*, namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan Reynold Number (R_e) diatas 4000 ($R_e > 4000$, aliran turbulen).

Head Instalasi

Head pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa, sehingga fluida mengalir dari suction ke discharge. Head pompa terdiri atas Head Statis dan Head Dinamis. Head Statis meliputi *Pressure Head* dan *Elevation Head*. *Pressure Head* merupakan energi yang terdapat pada fluida akibat perbedaan tekanan antara suction reservoir dengan discharge reservoir. Sedangkan *Elevation Head* merupakan head yang terjadi akibat beda ketinggian dari permukaan fluida di suction reservoir dengan permukaan fluida di discharge reservoir dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Sehingga dengan demikian ada dua kondisi instalasi, yaitu: *Suction Head* dan *Suction Lift*.

Suction Head adalah kondisi instalasi pipa, dimana permukaan fluida hisap terletak diatas sumbu pompa. Besarnya *elevation head* diperlihatkan pada Persamaan (2).

$$H_a = H_d - H_s \tag{2}$$

dimana:

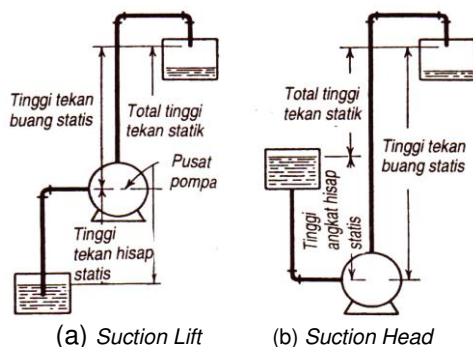
H_d = Head discharge (m)

H_s = Head suction (m)

Sedangkan *Suction Lift* adalah kondisi instalasi pipa, dimana permukaan fluida terletak dibawah sumbu pompa. Besarnya *elevation head* diperlihatkan pada Persamaan (3).

$$H_a = H_d + H_s \tag{3}$$

Gambar 4 memperlihatkan instalasi pipa *suction*, untuk *suction lift* dan *suction head*.



Gambar 4. Instalasi Pada Pipa *Suction* (Sularso, 2006)

Sedangkan Head Dinamis merupakan head pompa yang terdiri dari *Velocity Head* dan *Head Loss*. *Velocity Head* merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di suction reservoir dengan di discharge reservoir. Sementara *Head Loss* adalah kerugian aliran yang terjadi disepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, saringan, katup dan sebagainya. *Head Loss* dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: *Head Loss Mayor* dan *Head Loss Minor*.

Head Loss Mayor merupakan suatu kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus. Besarnya *head loss mayor* dapat dihitung menggunakan persamaan *Darcy-Weysbah* diperlihatkan pada Persamaan (4).

$$H_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \tag{4}$$

dimana :

f = koefisien kerugian gesek

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter dalam pipa

V = kecepatan aliran fluida)

g = Percepatan gravitasi

Besarnya koefisien gesek (f) dapat diketahui dari jenis aliran yang terjadi. Untuk aliran laminar, besarnya koefisien gesek (f) dapat dihitung dengan Persamaan (5).

$$f = \frac{64}{R_e} \tag{5}$$

Untuk aliran turbulent, besarnya koefisien gesek (f) dapat dihitung dengan persamaan *Darcy*, Rumus ini berlaku atas dasar kerugian head untuk panjang pipa ratusan meter dan dihitung dengan Persamaan (6).

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \tag{6}$$

dimana D adalah diameter dalam pipa. Selain itu, dapat juga melalui *Moody Diagram* dengan menarik garis harga R_e diplotkan harga Relative Roughness (ϵ/D).

Head Loss Minor merupakan kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan yang terjadi pada komponen tambahan (asesoris) seperti *elbow*, katup, *fitting* dan lain sebagainya sepanjang jalur perpipaan. Besarnya *head loss minor* tergantung dari koefisien tahanan (f) asesoris yang digunakan.

$$H = f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \tag{7}$$

dimana :

f = Koefisien kerugian gesek

V = Kecepatan aliran fluida

g = Percepatan gravitasi

Head Total Instalasi merupakan pejumlahan dari head statis dengan head dinamis. Head ini menyatakan besarnya kerugian yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen-komponen yang ada. Head total instalasi dapat dinyatakan dalam Persamaan (8).

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

dimana:

H_{tot} : Head total pompa (m)

h_a : Head Statis total (m)

Δh_p : Perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_l : Berbagai kerugian head pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

$V^2/2g$: Head kecepatan keluar (m)

g : Percepatan gravitasi 9,81(m/s²)

Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Jika pompa dijalankan terus-menerus dalam keadaan kavitasi, akan menyebabkan kerusakan terhadap area impeler, sehingga pada akhirnya terjadi erosi. Performancinya jadi merosot, timbulnya suara dan getaran, serta rusaknya pompa merupakan kerugian-kerugian dari timbulnya kavitasi.

Net Positive Suction Head (NPSH)

Head isap positif net (NPSH) merupakan ukuran dari *head suction* terendah yang memungkinkan bagi cairan untuk tidak mengalami kavitasi. Ada dua macam NPSH, yaitu: *Net Positive Suction Head Available* (NPSH_A) dan *Net Positive Suction Head Require* (NPSH_R). *Net Positive Suction Head Available* (NPSH_A) dirumuskan pada Persamaan (9).

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{Ls} \quad (9)$$

dimana :

h_{sv} = NPSH yang tersedia pada instalasi

P_a/γ = Tekanan absolut diatas permukaan cairan pada suction reservoir

P_v/γ = Tekanan uap cairan yang dipompa pada temperatur pemompaan

h_s = Head isap statis

$$\sum H_{Ls} = \text{Head loss pada pipa isap}$$

Sedangkan *Net Positive Suction Head Require* (NPSH_R) dirumuskan pada Persamaan (10).

$$H_{svn} = \sigma \times H_n \quad (10)$$

dimana :

H_{svn} : NPSH yang dibutuhkan (m)

σ : Koefisien kavitasi

H_n : Head total (m)

Agar pompa tidak mengalami kavitasi NPSH_A harus lebih besar dari NPSH_R.

Kapasitas Aliran Air

Jumlah air yang mengalir dalam satuan volume perwaktu. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/s). Dalam penggunaan setiap hari, konsumsi standr perjam untuk perencanaan dapat dihitung dari konsumsi harian maksimum perorang dibagi 24 (jam/hari) dan ditambah 50%. Harga tersebut diperlukan untuk menentukan distribusi air standar.

Tujuan dari penelitian ini yaitu memilih spesifikasi pompa yang efisien untuk suplai air bersih pada gedung Pabrik Perakitan berlantai 3. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini mengetahui kapasitas pompa yang sesuai dan merancang sistem pemipaan yang digunakan untuk gedung berlantai 3.

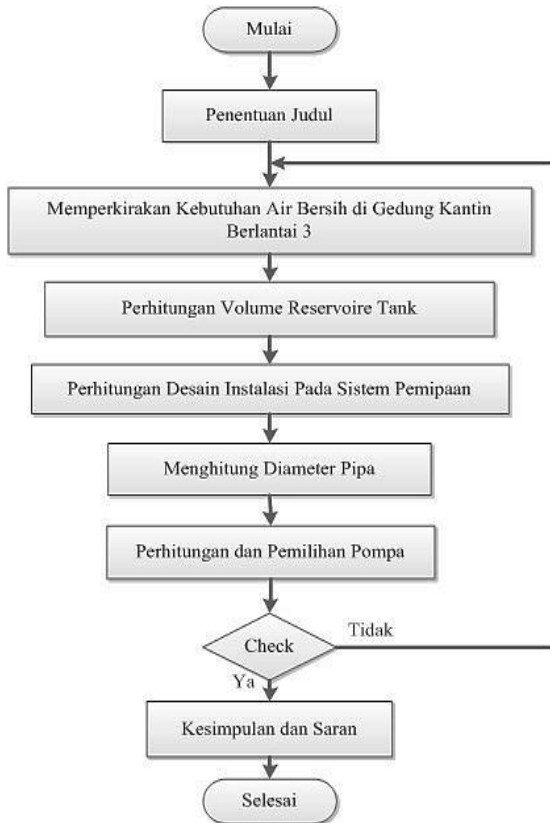
METODE PENELITIAN

Sistematika penelitian ini digambarkan dalam diagram alir seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Teknik yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah Penelitian Kepustakaan (*Library Research*). Pada proses ini dilakukan dengan beberapa tahap. Pertama adalah mempelajari berbagai buku yang menjadi referensi khususnya dalam sistem pemipaan dan analisa pemilihan pompa, baik yang ada dalam perusahaan maupun mata kuliah sehingga diperoleh teori-teori pendukung yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

Selain itu juga dilakukan Penelitian Lapangan (*Field Research*) dan Diskusi. Penelitian Lapangan (*Field Research*) ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi sebenarnya perencanaan instalasi serta peralatan yang akan digunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi dua arah yang dapat memberikan gambaran secara jelas dan terperinci dalam memperoleh data-data yang diperlukan untuk melakukan analisa perhitungan. Sedangkan Diskusi ini dimaksudkan untuk mengarahkan dalam menyelesaikan laporan dan

memberikan masukan dalam menentukan langkah-langkah untuk melakukan analisa. Metode ini dilakukan bersama pembimbing dan rekan-rekan penulis supaya mencapai hasil yang maksimal.



Gambar 5. Diagram Alir

Tempat pengambilan data penelitian dilakukan pada Gedung Pabrik Perakitan PT ADM pada tanggal September 2015–Desember 2015. Analisa data yang dipakai menggunakan metode sebagai berikut Perhitungan teoristis dan dibandingkan dengan aktual di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas Aliran Air

Berdasarkan acuan dari hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2010 dan Permen Kesehatan RI No.: 986/Menkes/Per/XI/1992, maka cara perhitungan total kapasitas aliran dapat dihitung berdasarkan standar tabel kebutuhan air per orang per hari, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3.

Perencanaan sistem pemipaan ini ditujukan pada Gedung Pabrik Perakitan dengan jumlah orang. Sesuai dengan buku acuan dari Sularso (2006) maka untuk perhitungan kebutuhan air per jam harus dibagi 24 dan kemudian ditambah 50%, sehingga didapat debit air sebagai dirumuskan pada Persamaan (11).

$$Q = \frac{1900 \text{ (orang)} \times 15 \left(\frac{\text{ltr}}{\text{kursi/hari}} \right)}{24} \times 1,5 \tag{11}$$

Tabel 3. Kebutuhan Air Per Orang Per Hari

| No. | Penggunaan Gedung | Pemakaian air | Satuan |
|-----|---------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | Rumah tinggal | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 2 | Rumah Susun | 100 | Liter/penghuni/hari |
| 3 | Asrama | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 4 | Rumah Sakit | 500 | Liter/bed pasien/hari |
| 5 | Sekolah Dasar | 40 | Liter/siswa/hari |
| 6 | SLTP | 50 | Liter/siswa/hari |
| 7 | SMU/SMK atau lebih tinggi | 80 | Liter/siswa/hari |
| 8 | Ruko / Rukan | 100 | Liter/pegawai/hari |
| 9 | Kantor / Pabrik | 50 | Liter/pegawai/hari |
| 10 | Toserba / Toko Pengecer | 5 | Liter/m2 |
| 11 | Restoran | 15 | Liter/kursi |
| 12 | Hotel Berbintang | 250 | Liter/penghuni/hari |
| 13 | Hotel Melati/Penginapan | 150 | Liter/tempat tidur/hari |
| 14 | Gd.Pertunjukan / Bioskop | 10 | Liter/kursi |
| 15 | Gd. Serba Guna | 25 | Liter/kursi |
| 16 | Stasiun / Terminal | 3 | Liter/penumpang |
| 17 | Peribadatan | 5 | Liter/orang (belum air wudu) |

Perhitungan Reservoir

Perhitungan reservoir bawah menggunakan perencanaan agar mampu menyediakan kebutuhan air dalam 1 (satu) hari dan ditambahkan faktor keamanan 0.25.

Desain reservoir bawah yang sudah dibuat untuk gedung tersebut terdiri dari 3 buah Reservoir total kapasitasnya 350 m³ sehingga reservoir bawah ini mencukupi untuk kebutuhan air bersih.

Sedangkan untuk volume reservoir yang ada di atap gedung beban puncak yang terjadi selama 60 menit, sehingga tangki atap harus mampu menyediakan air selama 60 menit. Hal ini dalam rangka menyesuaikan ukuran tangki yang ada dipasaran maka dipilih tangki dengan kapasitas 2000 ltr dan diberikan cadangan 2 buah tangki lagi. Reservoir atas mencukupi untuk sistem tersebut.

Perhitungan Instalasi Sistem Pemipaan

Desain instalasi pipa ini adalah desain sistem pemipaan dari tempat penampungan air di lantai dasar menuju ketempat reservoir yang ada di atap gedung.

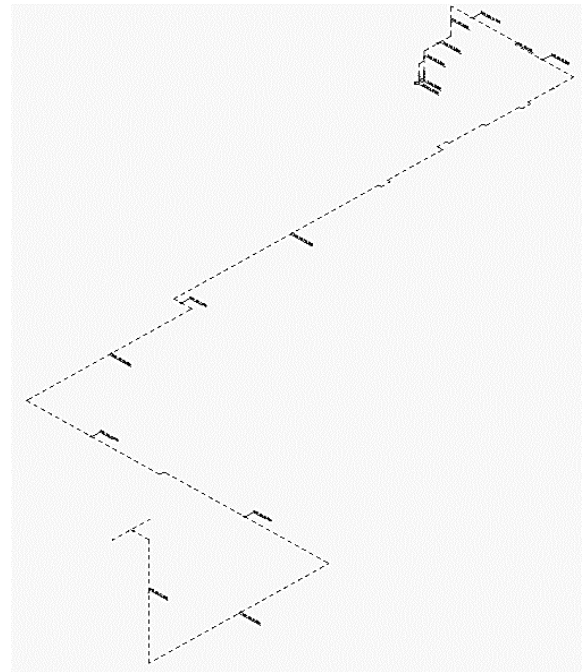


Gambar 6. Lay Out Sistem Pemipaan

Ukuran pipa yang terpasang di sistem pemipaan.

Tabel 4. Total Panjang Pipa

| NO. | PANJANG PIPA (m) | UKURAN (Ø) (inch) |
|-----|------------------------|----------------------|
| 1 | 1 | 1 1/2 |
| 2 | 1,5 | 1 1/2 |
| 3 | 1 | 1 1/2 |
| 4 | 1 | 1 1/2 |
| 5 | 1 | 3 |
| 6 | 3 | 1 1/2 |
| 7 | 2 | 1 1/2 |
| 8 | 11 | 1 1/2 |
| 9 | 0,5 | 1 1/2 |
| 10 | 10,5 | 1 1/2 |
| 11 | 12,5 | 1 1/2 |
| 12 | 6 | 1 1/2 |
| 13 | 18,5 | 1 1/2 |
| 14 | 12,5 | 1 1/2 |
| 15 | 0,3 | 1 1/2 |
| 16 | 16 | 1 1/2 |
| 17 | 6 | 1 1/2 |
| 18 | 12 | 1 1/2 |
| 19 | 8 | 1 1/2 |
| 20 | 12,5 | 1 1/2 |
| 21 | 0,2 | 1 1/2 |
| 22 | 1 | 1 1/2 |
| 23 | 0,2 | 1 1/2 |
| 24 | 18 | 1 1/2 |
| 25 | 12 | 1 1/2 |
| 26 | 6,5 | 1 1/2 |
| 27 | 12,5 | 1 1/2 |
| 28 | 0,3 | 1 1/2 |
| 29 | 12,5 | 1 1/2 |
| 30 | 4 | 1 1/2 |
| 31 | 12,5 | 1 1/2 |
| 32 | 16 | 1 1/2 |
| 33 | 0,2 | 1 1/2 |
| 34 | 12 | 1 1/2 |
| 35 | 12 | 1 1/2 |
| 36 | 12 | 1 1/2 |
| 37 | 0,3 | 1 1/2 |
| 38 | 12,5 | 1 1/2 |
| 39 | 12,5 | 1 1/2 |
| 40 | 12,5 | 1 1/2 |
| 41 | 12 | 1 1/2 |
| 42 | 0,2 | 1 1/2 |
| 43 | 6 | 1 1/2 |
| 44 | 8 | 1 1/2 |
| 45 | 3 | 1 1/2 |
| | 335,7 | |



Gambar 7. Rancangan Sistem Pemipaan Gedung Pabrik Perakitan

Perencanaan dan Perhitungan Diameter Pipa Air

Perencanaan diameter pipa ini, untuk kecepatan aliran V , asumsi kecepatan aliran $V = 1.0$ m/s, sehingga didapat diameter pipa sebagai Persamaan (12):

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (12)$$

dimana :

D = Diameter dalam pipa (m)

Q = Kapasitas aliran (m^3/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

Dengan menyesuaikan pipa yang terpasang, maka *diameter nominal* (DN) pipa yang digunakan = 1 1/2 inch dan ukuran nominal pipa (NPS) = 40 dengan *insidediameter* (ID) = 40,9 mm = 0,0409 m (Standard Pipe Schedule 40 ASTM A53).

Perhitungan dan Pemilihan Pompa

Perhitungan Heat Total, dilakukan untuk menghitung head total pompa digunakan rumus sebagai Persamaan (13).

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

Perhitungan Head Loss

Pada sistem pemipaan di Gedung Assembly Plant, *Head Loss* yang diukur sebagai berikut:

a. Head Kerugian Dalam Pipa

- b. Head Kerugian Pembesaran & Pengecilan Pipa
 - c. Head Kerugian Pada Belokan
 - d. Head Kerugian Pada Percabangan Tee Head Kerugian Pada Valve (Gate, Check)
 - e. Head Kerugian Pada Strainer
- Perhitungan *Head Loss* Pipa Hisap (*Suction Pipe*) diperlihatkan pada Tabel 5. Sedangkan Perhitungan *Head Loss* Pipa Buang (*Discharge Pipe*) ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Perhitungan *Head Loss* Pipa Hisap (*Suction Pipe*)

| No. | Head Loss | Panjang (m) / Jumlah (pcs) | Rumus | f (Koefisien Gesek) | H f (m) | H f Total (m) |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| Pipa Hisap (Suction Pipe) | | | | | | |
| 1 | Gesekan pada pipa (Ø 1.1/2 inch) | 3 m | $H_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$ | $f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0409} = 0,0322$ <i>Re</i> 17266,85 > 4000, maka aliran bersifat Turbulen. | 0.005703 | 0.017109 |
| 2 | Gate Valve | 1 pcs | $H_f = f \frac{V^2}{2g}$ | f = 0.19 (ASHRAE Handbook, 2001) | 0.00138 | 0.00138 |
| 3 | Katup hisap dengan saringan | 1 pcs | $H_f = f \frac{(V1)^2}{2 \cdot g}$ | f = 2.04 (Sularso, 2006) | 0.01478 | 0.01478 |
| 4 | Belokan pipa (Elbow 90°) | 3 pcs | $H_f = f \frac{V^2}{2g}$ | f = 0.15 (Sularso, 2006) | 0.00109 | 0.003261 |
| TOTAL | | | | | | 0.03653 |

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka Head Total yang terjadi:

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

a. Pemilihan Pompa

Berdasarkan data telah diketahui, bahwa:
 $Q = 0,00049479 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0296874 \text{ m}^3/\text{min}$
 $H_{tot} = 15,9438 \text{ m}$

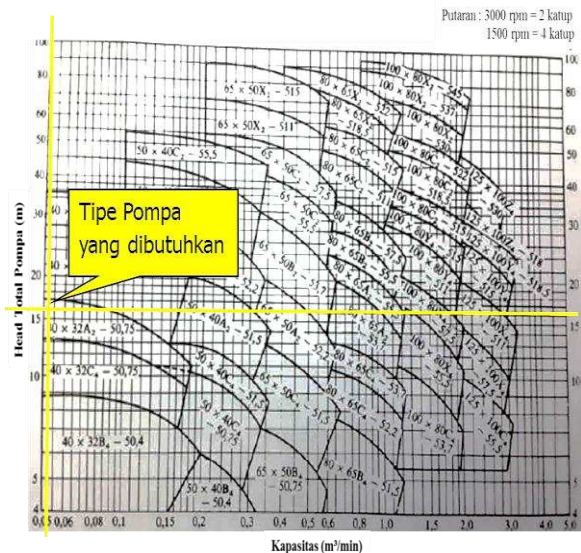
Berdasarkan Diagram Pemilihan Pompa Standard yang diperlihatkan pada Gambar 9, maka didapat pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Pompa yang dipilih adalah: 40 x 32A₂ – 5 0,75
 Arti dari kode tersebut adalah
 40 = Diameter isap (40 mm)
 32 = Diameter buang (32 mm)
 A = Type rumah
 2 = Jumlah katub (katubnya 2 dan 3000rpm)
 5 = Frekuensi (50 Hz)
 0,75 = Daya motor (0,75 kW = 1,0058 HP)

Pompa yang terpasang pada sistem pemipaan gedung tersebut adalah:

POMPA CENTRIFUGAL:

- Merk : EBARA
- Kapasitas : 100 Ltr/min
- Power : 3HP/50Hz/3Phase/2870Rpm/380V
- Head : 30 m



Gambar 9. Diagram Pemilihan Pompa Standar (Sularso, 2006)

Jumlah pompa yang terpasang pada sistem total ada 2 unit. (1 pompa utama, dan yang 1 pompa cadangan).

b. Perhitungan NPSH

NPSH dihitung untuk mengetahui kinerja pompa untuk problem kavitasi. Syarat kerja

Pompa tidak mengalami kavitasi adalah NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan.

✓ H_{sv} (NPSH yang tersedia)

$$H_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

dimana:

H_{sv} : NPSH yang tersedia (m)

P_a : Tekanan pada permukaan cairan (1 atm = 10332,274 kgf/m²)

P_v : Tekanan uap jenuh (25°C = 322,85 kgf/m²)

γ : Berat jenis air (1000 kgf/m³)

h_s : Head isap statis (-3,5 m)

h_{ls} : Kerugian head dalam pipa isap (0,03653 m)

$$H_{sv} = \frac{10332,275 \text{ kgf/m}^2}{1000 \text{ kgf/m}^3} + \frac{322,85 \text{ kgf/m}^2}{1000 \text{ kgf/m}^3} - (-3,5) \text{ m} - 0,03653 \text{ m}$$

$$= 14,119 \text{ m}$$

✓ H_{svn} (NPSH yang diperlukan)

$$H_{svn} = \sigma \times H_n$$

$$Q = \text{Kapasitas } 0,00049479 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0296874 \text{ m}^3/\text{min}$$

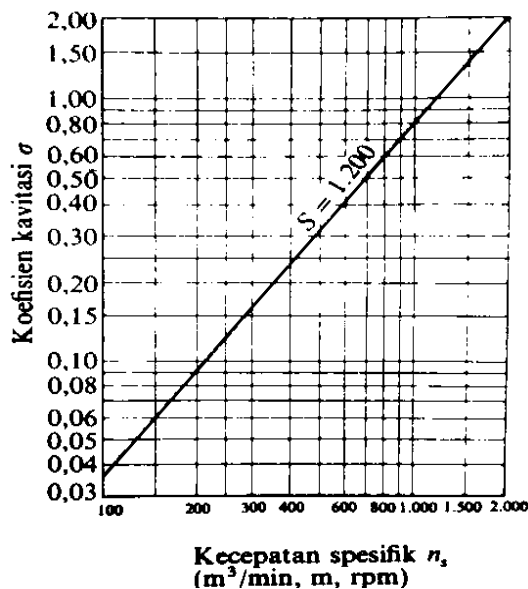
$$n_s = n \times \frac{Q^{0,5}}{H_n^{0,75}} = 2870 \times \frac{0,0296874^{0,5}}{15,9438^{0,75}} = 61,9064$$

Nilai besaran σ (koefisien kavitasi) diperlihatkan pada Gambar 10.

Karena $n_s = 61,97404 < 100$, maka $\sigma = 0,03$

Tabel 6. Perhitungan Head Loss Pipa Buang (Discharge Pipe)

| No. | Head Loss | Panjang (m) / Jumlah (pcs) | Rumus | f (Koefisien Gesek) | H f (m) | H f Total (m) |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|
| Pipa Hisap (Suction Pipe) | | | | | | |
| 1 | Gate Valve | 1 pcs | $H_f = f \frac{V^2}{2g}$ | $f = 0.19$ (ASHRAE Handbook, 2001) | 0.00206 | 0.00206 |
| 2 | Gesekan pada pipa (Ø 1.1/2 inch) | 334,7 m | $H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$ | $Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$ ▶ $f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0409} = 0,0322$ $f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0779} = 0,0322$ Aliran bersifat turbulen. | 0.0057 | 1.9088 |
| 3 | Gesekan pada pipa (Ø 3 inch) | 1 m | | 0.0002 | 0.0161 | |
| 4 | Pembesaran pipa (Ø 1.1/2 - 3 inch) | 1 pcs | $H_f = f \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ | $f = 1$ (Sularso, 2006) | 0.0038 | 0.0038 |
| 5 | Pengecilan pipa (Ø 3 - 1.1/2 inch) | 1 pcs | $H_f = f \frac{(V_1)^2}{2g}$ | $D_1/D_2 = 0.5$ maka $f = 0.29$ (Sularso, 2006) | 0.0021 | 0.0021 |
| 6 | Belokan pipa (Elbow 90°) | 28 pcs | $H_f = f \frac{V^2}{2g}$ | $f = 0.15$ (Sularso, 2006) | 0.00109 | 0.03044 |
| 7 | Percabangan Tee (Pipa 1-2) | 1 pcs | $H_{f1-2} = f_1 \frac{(V_1)^2}{2g}$ | Karena : $Q_2/Q_3 = 1.0$ maka f_1 dan $f_2 = 1.29$ (Sularso, 2006) | 0.00934 | 0.009344 |
| 8 | Percabangan Tee (Pipa 1-3) | 1 pcs | $H_{f1-3} = f_2 \frac{(V_1)^2}{2g}$ | | 0.00934 | 0.009344 |
| 9 | Check Valve | 1 pcs | $H_f = f \frac{V^2}{2g}$ | $f = 2.5$ (ASHRAE Handbook, 2001) | 0.0181 | 0,0181 |
| TOTAL | | | | | | 0.03653 |



Gambar 10. Grafik n_s & Koefisien Kavitasi (Sularso, 2006)

$H_{svn} = 0,03 \times 15,9438 \text{ m} = 0,478 \text{ m}$
 $NPSHa (14,119 \text{ m}) > NPSHr (0,478 \text{ m})$.
 Sehingga pompa tersebut dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan maka, dapat disimpulkan beberapa hal. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada gedung yang berisi 1.900 pegawai, debit air yang dibutuhkan adalah $0,02969 \text{ m}^3/\text{min}$. Kebutuhan reservoir atas 1.781 ltr dan reservoir bawah $53.437,3 \text{ ltr}$, sedangkan reservoir atas yang tersedia 2 unit dengan ukuran masing – masing 2.000 ltr dan reservoir bawah ada 3 unit dengan total 350.000 ltr . Total head loss yang terjadi pada sistem pemipaan tersebut sebesar $2,0136539 \text{ m}$.

Maka, berdasarkan hasil perhitungan, spesifikasi pompa yang sesuai untuk sistem pemipaan pada gedung tersebut adalah $40 \times 32 A_2 - 5 0,75$. Yang berarti Daya motor ($0,75 \text{ kW} = 1,0058 \text{ HP}$). Maka, head total hasil perhitungan sebesar $15,9438 \text{ m}$. Sedangkan pompa yang terpasang berjumlah 2 unit. Sehingga pompa tersebut dapat memenuhi kebutuhan pada sistem. $NPSHa$ yang tersedia ($14,119 \text{ m}$) $>$ $NPSHr$ yang dibutuhkan ($0,478 \text{ m}$) Sehingga pompa bekerja tanpa mengalami kavitasi.

REFERENSI

ASTM A53 Grade A and B Standard Pipe Schedule 40

Filho, João Bosco P. Dantas, Bruno Maciel Angelim, Joana Pimentel Guedes, Marcelo Augusto Farias de Castro, and José de Paula Barros Neto, Virtual design and construction of plumbing systems, *Open Engineering*, 2016; 6 (1): 730-736.

<http://dx.doi.org/10.1515/eng-2016-0076>

Gaspar Y. K. Tuames, Wilhelmus Bunganaen, Sudiyo Utomo. Perencanaan Teknis Jaringan Pemipaan Air Bersih di Desa Susulaku Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Teknik Sipil*. 2015; 4 (1): 1-16.

<http://dx.doi.org/10.1115/POWER2016-59748>

Latchoomun, L., Mawooa D., Ah King R.T.T., Busawon, K., Binns, R. Quantifying the Pumping Energy Loss Associated with Different Types of Leak in a Piping System. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2016; 416.

http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-52171-8_8

Leishear, Robert A., William M. Bennett and Jackie Cooper, Design and Application of Low Flow Steam Siphon Jet Pumps, ASME 2016 Power Conference, 2016: No. POWER2016-59748, V001T11A013; 11 pages.

MacCarthy, M. F., Carpenter J. D. and Mihercic, J. R. Low-cost water-lifting from groundwater sources: a pump comparison of the EMAS Pump with the Rope Pump. *Hydrogeology Journal*. 2017: 1-14

<http://dx.doi.org/10.1007/s10040-017-1580-6>

Maghfurah, F., Qadri, M., dan Yulianto, S. Sistim Pendistribusian Debit Air Bersih pada Gedung. *Jurnal Simposium Nasional RAPI XII FT UMS*. 2013: M-49 – M-54.

Peterson, Kent W, PE. Modeling for Improving Variable Flow Piping Design, *ASHRAE Journal*, 2016: 68-71.

Purba, S. M. F., Syahrizal, I. Indrawan. Analisa Jaringan Sistim Distribusi Air Bersih di Kec. Sidikalang, *Jurnal Teknik Sipil USU*. 2014; 3 (3): 1-11.

Shrinivas, P.V., Chaitanya, S. S., Swapnil, S. B., and Bhavikatti, S. S. Performance Analysis of Li-Br Water Refrigeration System with Double Coil Anti-Swirl Shell and Coil Heat Exchangers. *International Journal of Current Trends in Engineering & Research (IJCTER)*. 2016; 2 (5): 108-116.

Sugeng dan Yusril (2016). Sistim Kendali Pompa Air Bersih pada Gedung Bertingkat. *JREC Journal of Electrical and Electronics*. 2016; 2 (1): 1-14.

Sularso, T. Haruo, *Pompa Dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradaya Paramita. 2006.