

## PERANCANGAN ULANG SISTEM INSTALASI AIR BERSIH GEDUNG *TWIN BUILDING* UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55138, Indonesia*

Nuh Iskandar 20120130174

[Nuhiskandar99@gmail.com](mailto:Nuhiskandar99@gmail.com)

---

---

### INTISARI

Plumbing adalah salah satu bentuk dari sistem pelayanan dan keamanan pada suatu gedung. Perencanaan dan perancangan pada sistem plumbing memerlukan koordinasi dengan yang lainnya demi kelancaran dan ketepatan dalam melakukan pemasangan suatu instalasi pada bangunan gedung. Perancangan sistem instalasi plumbing penyediaan air bersih yang dilakukan di gedung *Twin Building* Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam Perancangan ini menggunakan luas efektif lantai untuk mengetahui kebutuhan air bersih pada gedung dan bisa dilakukan perhitungan untuk menentukan jenis pompa dan untuk menghitung kapasitas *reservoir*.

Dari hasil perancangan di ketahui bahwa kebutuhan air bersih 116,33 liter/menit dapat di penuhi dengan menggunakan pompa sumur dangkal dengan *head* 14 m dan daya 1,1 kW yang air terlebih dahulu di tampung oleh *reservoir* bawah dan di teruskan ke tangki atas oleh pompa suplai dengan *head* 39 m dan daya 1,1 kW untuk gedung E 7 dan *head* 35 m dengan daya 1,6 kW untuk gedung E 6. Dan di suplai ke lantai 3,4, dan 5 menggunakan pompa dengan *head* 28 m dan daya 0,37 kW. Sedangkan lantai *basement*, lantai dasar, lantai 1, dan lantai 2 menggunakan kekuatan gravitasi bumi.

Kata kunci : Air bersih, pipa, pompa, *reservoir*.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan negara Indonesia dari awal merdeka sampai sekarang ini sangat meningkat pesat terlihat banyak bangunan gedung yang bertingkat seperti apartemen, perkantoran, hotel, dan sebagainya. Bangunan tinggi yang dibangun khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta semakin bertambah. Banyaknya hotel bintang yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2015 yaitu jumlah total 85 hotel dan pada tahun 2016 yaitu jumlah total 88 hotel (Kristianto, 2016).

Keadaan ini akan berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat Yogyakarta khususnya di Kabupaten Bantul. Maka bangunan seperti Kampus adalah sarana pendidikan yang sangat menunjang sebagai tempat terjadinya interaksi ilmu atau untuk proses belajar mengajar yang bisa dijadikan sebagai jembatan hidup yang lebih baik dan bisa dirasakan kenyamanan hidup bagi masyarakat.

Gedung *Twin Building* yang berada di kampus UMY adalah termasuk bangunan tinggi yang dibangun di daerah Kabupaten Bantul khususnya Desa Tamantirto, yang digunakan sebagai sarana pendukung bagi masyarakat untuk mendapatkan pendidikan yang lebih berkualitas dan sebagai jembatan hidup yang lebih baik, dalam pengoperasian bangunan gedung *Twin Building* sangat membutuhkan sistem instalasi plambing dan faktor keamanannya.

Perencanaan pada bangunan gedung *Twin Building* di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta merupakan hasil pemikiran yang telah dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan fungsi dan kelayakan bangunan dengan mengacu pedoman atau peraturan yang ada.

Bagian penting dalam pembangunan gedung yaitu termasuk sistem *plumbing* untuk penyediaan air bersih dan pendistribusian ke seluruh lokasi yang membutuhkan air bersih pada gedung tersebut. Pada bangunan gedung *Twin Building* yang berada di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, air bersih merupakan faktor yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan segala kegiatan yang dilakukan oleh penghuni gedung dan untuk memenuhi kelayakan pada bangunan gedung *Twin Building* itu sendiri.

Karena pentingnya sistem plambing pada instalasi penyediaan air bersih pada bangunan gedung *Twin Building*, maka untuk perancangan sistem instalasi penyediaan air bersih perlu dilakukan dengan baik supaya pada waktu pengoperasian bangunan gedung *Twin Building* tidak menimbulkan masalah.

Maka dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun akan merancang ulang sistem intalasi air bersih pada Gedung *Twin Building* di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berada Desa Kasihan, Kabupaten Bantul.

### 1.2. Rumusan Masalah

Pada perancangan sistem mekanikal bangunan gedung *Twin Building* di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta bagian penting untuk dilakukan yaitu sistem instalasi penyediaan air bersih dan pendistribusiannya. Pada bangunan yang akan atau sedang dibangun ini jumlah penghuninya tidak diketahui secara pasti hal ini dapat mempersulit untuk melakukan penyediaan air bersih dan pendistribusiannya.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini batasan masalah yang akan dibahas adalah “Perancangan Instalasi Air Bersih pada gedung *Twin Building* Berlantai tujuh di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta di Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY”, yang meliputi:

1. Jumlah kebutuhan air bersih.
2. Kapasitas pompa.
3. Penentuan pompa sumur dangkal dan pompa suplai tangki atas.
4. Kapasitas tangki bawah dan atas.
5. Sistem distribusi air bersih di dalam gedung (sistem plambing untuk air bersih di dalam gedung).

Yang tidak dilakukan yaitu:

1. Menentukan bahan pipa, termasuk karakteristik secara lengkap.
2. Menghitung getaran yang terjadi pada gedung.
3. Melakukan pengujian pada pipa dan pompa.

### 1.4. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan dalam Tugas Akhir ini adalah di perolehnya:

1. Hasil perhitungan kebutuhan air bersih pada gedung *Twin Building*.
2. Spesifikasi pompa yang akan digunakan.
3. Hasil perhitungan *reservoir* bawah dan atas.
4. Membandingkan hasil perancangan ulang dengan hasil yang ada di lapangan.

### 1.5. Manfaat Perancangan

Manfaat yang didapat dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan masukan bagi Program Studi Teknik Mesin dalam pengembangan matakuliah pompa dan sistem perpipaannya khususnya dalam bangunan gedung.
2. Sebagai pertimbangan bagi pihak perencana pembangunan gedung *Twin Building* dalam perancangan sistem instalasi air bersih pada bangunan gedung *Twin Building* di UMY.

- Untuk menambah pengetahuan tentang perancangan instalasi air bersih bangunan gedung kepada yang mempelajarinya.

## 2. Tinjauan Pustaka dan dasar teori

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada sistem air bersih, penyediaan air harus dapat mencapai daerah distribusi dengan debit, tekanan dan kuantitas yang cukup dengan kualitas air sesuai standar/higienis. Oleh karena itu perencanaan penyediaan air bersih harus dapat memenuhi jumlah yang cukup, higienis, teknis yang optimal dan ekonomis (Artayana, Gede Indra Atmaja, 2010).

Pembangunan di sektor air bersih penting, untuk meningkatkan prasarana, kuantitas air bersih disamping mempunyai kualitas sektor perkotaan, baik terhadap sektor kesehatan, sektor ekonomi dan sektor lain. Sumber Daya Alam yang sangat diperlukan oleh masyarakat untuk berbagai kepentingan salah satunya adalah air, sehingga air mempunyai fungsi sosial dan harus dimanfaatkan keuntungannya untuk kesejahteraan rakyat (Wahyudi, 2013).

Serangkaian kegiatan penyediaan air bersih perlu memperhatikan beberapa faktor diantaranya analisis kebutuhan air bersih (*demand for water*), layout instalasi penyediaan air bersih, dan beberapa faktor lain seperti sosial ekonomi lingkungan populasi yang akan dilayani (Wijarnako, 2015).

### 2.2. Dasar Teori

#### a. Kualitas Air

Dalam penyediaan air bersih yang digunakan untuk manusia, kualitas air yang dihasilkan harus memenuhi syarat kesehatan yang ditetapkan oleh pemerintah, supaya air yang disediakan bisa digunakan dengan aman atau tidak membahayakan bagi penggunaannya.

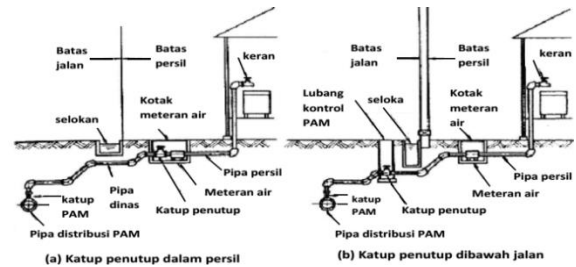
#### b. Sistem Penyediaan Air Bersih

Pada waktu ini sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut (Noerbambang dan Morimura, 1991):

- Sistem sambungan langsung.
- Sistem tangki atap.
- Sistem tangki tekan.
- Sistem tanpa tangki (*booster system*).

#### 1) Sistem Sambungan Langsung

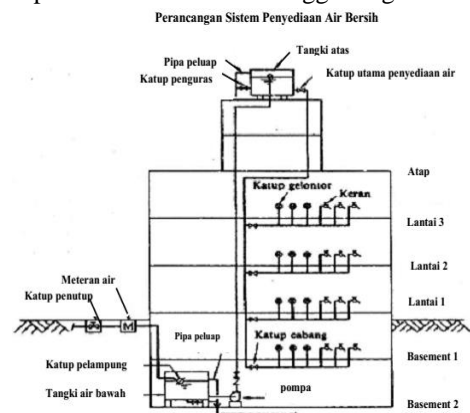
Dalam sistem ini pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih (misalnya: pipa utama dibawah jalan dari Perusahaan Air Minum).



Gambar 2.4 Sistem Sambungan Langsung (Noerbambang dan Morimura, 1991).

#### 2) Sistem Tangki Atap

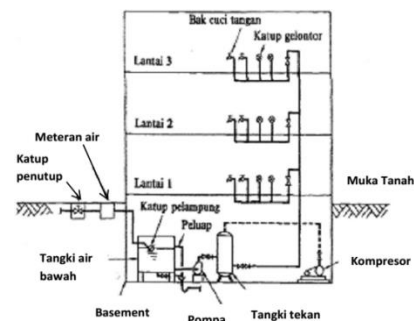
Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah dalam suatu bangunan atau dibawah muka tanah), kemudian dipompakan kesuatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan



Gambar 2.5 sistem Dengan Tangki Atap (Noerbambang dan Morimura, 1991).

#### 3) Sistem Tangki Tekan

Prinsip dari tangki tekan ini adalah air yang telah ditampung ditangki bawah dipompakan kesuatu tangki atau bejana tertutup sehingga udara didalam terkompresi. Air dialirkan kedalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan.



Gambar 2.6 Sistem Dengan Tangki Tekan (Noerbambang dan Morimura, 1991).

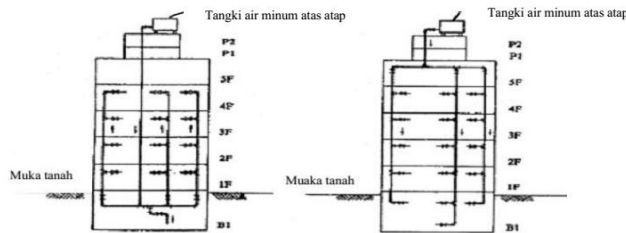
#### 4). Sistem Tanpa Tangki

Pada sistem ini tidak dipergunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan, dan tangki atap. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pompa utama (misalnya, pipa utama perusahaan air minum). (Noerbambang dan Morimura, 1991).

### 2.2.1 Perancangan Sistem Pipa Air Bersih

#### a. Sistem Pipa

Pada dasarnya ada dua sistem pipa penyediaan air dalam gedung, yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Dalam sistem pengaliran ke atas, pipa utama dipasang dari tangki atas ke bawah sampai langit-langit lantai terbawah dari gedung, kemudian mendatar dan bercabang-cabang tegak ke atas untuk melayani lantai-lantai di atasnya. Dalam sistem pengaliran ke bawah, pipa utama dari tangki atas dipasang mendatar dalam langit-langit lantai teratas dari gedung, dan dari pipa mendatar ini dibuat cabang-cabang tegak ke bawah untuk melayani untuk melayani lantai-lantai dibawahnya (Noerbambang, Morimura, 1991).



Gambar 2.7 Contoh sistem

Distribusi atas (Noerbambang, 1991)

Gambar 2.8 Contoh sistem Distribusi

ke bawah (Noerbambang, 1991)

#### b. Pemasangan Katup

katup merupakan peralatan yang digunakan untuk menutup aliran balik mencegah aliran balik atau mengontrol aliran pada unit penyediaan air bersih.

Jenis-jenis katup yang dipakai antara lain:

- 1) katup sorong (*gate valve*), yaitu katup yang digunakan untuk pengaturan aliran baik dengan membuka atau menutup katup sesuai dengan kebutuhan.
- 2) Katup bola (*Globe valve*), digunakan untuk membuka atau menutup aliran seluruhnya
- 3) *Cluck valve*, digunakan untuk mencegah aliran balik atau untuk aliran satu arah (Noerbambang dan Morimura, 1991).

#### c. Penentuan Jumlah Plumbing Berdasarkan Penghuni

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plumbing dapat diketahui, misalnya untuk perumahan. Juga harus diketahui jumlah dari alat setiap jenis alat plumbing dalam gedung tersebut (Noerbambang dan Morimura, 1991). Tetapi kalau jumlah penghuni tidak dapat diketahui, biasanya ditaksirkan berdasarkan luas lantai dan menetapkan kepadatan penghuni perluas lantai.

#### 2.2.6. Rumus perhitungan dalam plumbing

a. menentukan kebutuhan air bersih.

- ❖ Pemakaian air rata-rata (Noerbambang dan Morimura 1991, hal: 68).

$$Q_h = Q_d / T \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$Q_h$  : Pemakaian air rata-rata (m<sup>3</sup>/jam).

$Q_d$  : Pemakaian air rata-rata sehari (m<sup>3</sup>)

$T$  : Jangka waktu pemakaian (jam).

- ❖ Pemakaian air jam puncak (Noerbambang dan Morimura 1991, hal: 69).

$$Q_{h-Max} = (C_1) \times (Q_h) \dots\dots\dots (2.2)$$

$C_1$  adalah konstanta (1,5–2,0), tergantung pada lokasi dan pengguna pada gedung.

- ❖ Pemakaian air pada menit puncak (Noerbambang, 1991, hal: 69).

$$Q_{m-Max} = (C_2) \times (Q_h/60) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana  $C_2$  adalah konstanta (3,0–4,0)

- ❖ Kpasitas tangki air bawah (Noerbambang dan Morimura 1991, hal: 97).

Untuk tangki air yang digunakan hanya menampung air minum yaitu:

$$Q_d = Q_s \times T \dots\dots\dots (2.4)$$

Sedangkan kalau tangki juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, ukuran tangkinya adalah:

$$V_R = Q_d - Q_s \times T \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$Q_d$  = Jumlah kebutuhan air perhari (m<sup>3</sup>).

$Q_s$  = Kapasitas pipa dinas (m<sup>3</sup>/jam).

$T$  = Rata-rata pemakaian perhari (jam).

$V_R$  = Volume tangki air (m<sup>3</sup>).

- ❖ Kpasitas tangki air atas (Noerbambang dan Morimura 1991, hal: 97).

$$V_E = (Q_p - Q_{max}) \times T_p + Q_{PU} \times T_{PU} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$Q_d$  = Kapasiata efektif tangka atas (m<sup>3</sup>).

$Q_p$  = Kebutuhan puncak (liter/menit).

$Q_{max}$  = Kebutuhan jam puncak (liter/menit).

$Q_{PU}$  = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit).

$T_p$  = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit).

$T_{PU}$  = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit).

### 2.2.2. Menentukan Kapasitas Pompa

#### a. Head Kerugian Pompa

Sebelum menghitung kerugian *head* pompa kita perlu mengetahui jenis aliran yang terjadi, yaitu aliran tersebut termasuk jenis aliran *laminar* atau aliran *turbulen*. Untuk mengetahui jenis aliran *laminar* atau aliran *turbulen* bisa dengan menggunakan bilangan *Reynolds* (Tahara H., Sularso, 2000).

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} \dots\dots\dots(2.7)$$

- $Re$  = Bilangan *Reynold*
- $v$  = Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa (m/s)
- $D$  = Diameter dalam pipa (m)
- $\nu$  = *Viskositas* kinematika zat cair (m<sup>2</sup>/detik)

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat *laminar*  
 Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat *turbulen*  
 Pada  $2300 < Re < 4000$ , terdapat daerah transisi, dimana aliran bersifat *laminar* atau *turbulen* tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

#### 1) Rugi Minor

$$h_f = k \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

- $K = f$  (Koefisien tahanan).
- $v$  = kecepatan rata-rata dalam pipa.
- $g$  = gravitasi (9,81).

Untuk menentukan harga  $k$  dari berbagai bentuk transisi pipa maka akan diperinci seperti dibawah ini.

#### a) Rugi Pada Ujung Pipa. (Tahara H., Sularso, 2000).

Harga koefisien  $f$  untuk berbagai bentuk ujung masuk pipa menurut *Weisbach* adalah sebagai berikut:

- 1)  $f = 0,5$
- 2)  $f = 0,25$
- 3)  $f = 0,06$  (untuk  $r$  kecil) sampai 0,005 (untuk  $r$  besar).
- 4)  $f = 0,56$
- 5)  $f = 3,0$  (untuk sudut tajam) sampai 1,3 (untuk sudut 45°)
- 6)  $f = f_1 + 0,3 \cos \theta + 0,2 \cos^2 \theta$

#### b) Rugi Pada Belokan Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus *Fuller* dimana dari Persamaan 2.2 dinyatakan sebagai berikut:

$$f = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{D}{2R} \right)^{2,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

- $f$  = Koefisien tahanan.
- $R$  = Jari-jari lengkung sumbu belokan
- $D$  = Diameter dalam pipa.
- $\theta$  = Sudut belokan (deajat).

#### c) Rugi pengecilan penampang pipa mendadak.

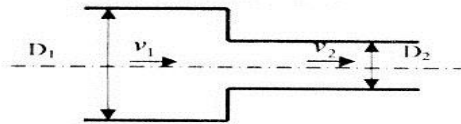
Kerugian head untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk nilai  $f$  dapat dilihat pada tabel 2.54

Tabel 2.1 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso, 2000).

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F$	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0



Gambar 2.11 Koefisien kerugian pada pengecilan mendadak (Sularso, 2000).

Dengan:

- $D1$  : Diameter pipa besar
- $D2$  : Diameter pipa kecil.
- $v_1$  : Kecepatan aliran pipa besar ( m/s ).
- $v_2$  : Kecepatan aliran pipa kecil ( m/s ).

#### d) Rugi *Orifis* Dalam Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Kerugian *head* untuk *orifis* diberikan menurut rumus:

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

- $v$  : kecepatan rata-rutapenampang pipa.

Adapun harga  $f$  diberikan dalam Tabel 2.1

$(D/D^2)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f$	$\infty$	226	17,5	7,8	3,75	1,80	0,80	0,13	0,29	0,06	0

#### e) Rugi Diujung Keluar Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Rumus yang digunakan yaitu:

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan  $f = 1,0$  dan  $v$  adalah kecepatan rata-rata dipipa keluar.

#### f) Ruugi *Head* Dikatup

Kerugian *head* dikatup dapat ditulis sebagai berikut:

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

- $h_v$  = Kerugian *head* (m)
- $f_v$  = Koefisien tahanan.
- $v$  = Kecepatan rata-rata dipenampang masuk katup (m/dt).



Harga  $f_p$  Untuk berbagai jenis katup dalam keadaan terbuka penuh terdapat dalam Tabel 2.5.

**b. Head Total pompa**

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa seperti (Gambar 2.10), head total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut (Tahara H., Sularso, 2000).

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana H = Head total pompa (m).

$h_a$  = Head statis total (m).

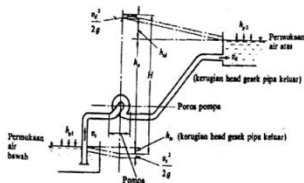
Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan di sisi isap, tanda positif (+) di pakai apabila muka air di sisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap.

$\Delta h_p$  = perbedaan head tekanan yang bekerja pada dua permukaan air (m)  $\Delta h_p = h_{p1} - \Delta h_{p2}$

$h_l$  = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan dan lain-lain (m).

$$\frac{v^2}{2 \times g} = \text{head kecepatan luar (m)}$$

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>).



Gambar 2.12 Head Pompa (Sularso, 2000).

Tabel 2.3 Koefisien Kerugian Dari Berbagai Katup (Sularso, 2000).

Diameter (mm)	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1350	1500	1650	1800	2000	
Jenis Katup																			
Katup Sorong	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07														
Katup Kupu-kupu	0,6-0,16 (Bervariasai Menurut konstruksi dan diameternya)																		
Katup Putar	0,9-0,026 (Bervariasai Menurut diameternya)																		
Katup cegah jenis tayun		1,2	1,15	1,1	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88								
Katup cegah tutup cepat jenis tekanan		1,2	1,15	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4								
Katup cegah jenis angkat bebas	1,44	1,38	1,34	1,3	1,2														
Katup cegah tutup cepat jenis pegas	7,3	6,6	5,9	5,3	4,6														
Katup kepak	-	-	-	-	-								0,9-0,5						
Katup isap dengan saringan	1,97	1,91	1,84	1,78	1,72														

Tabel 2.4. Ukuran Minimum Pipa Penyediaan Air Alat Plambing (SNI 03 – 6481-2000).

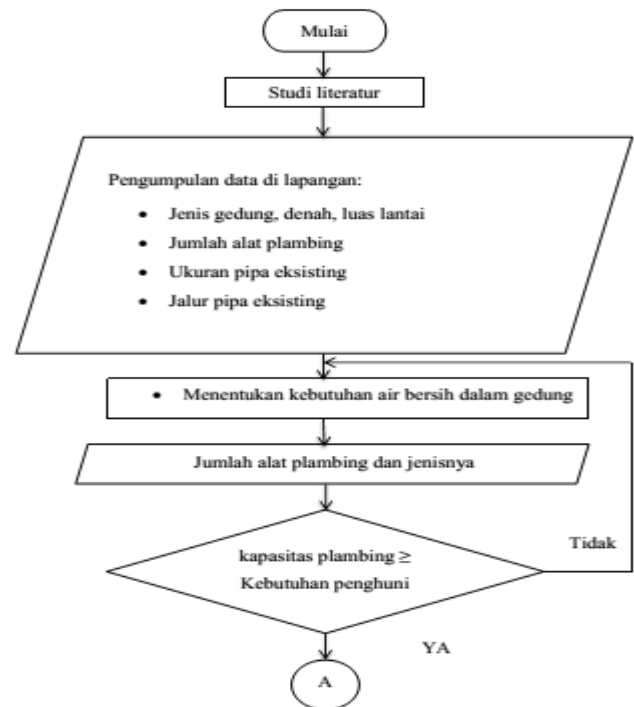
No.	Alat Plambing	Ukuran minimum (mm)	
		Air dingin	Air panas
1.	Bak mandi	15	15
2.	Bedpan washer	25	25
3.	Bidet	15	15
4.	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	15	15
5.	Unit dental atau peludahan	10	-
6.	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	15	15
7.	Pancuran air minum	10	-
8.	Bak cuci tangan	10	10
9.	Bak cuci dapur	15	15
10.	Bak cuci pakaian (1 atau 2 kompartemen)	15	15
11.	Dus, setiap kepala	15	15
12.	Service sink	15	15
13.	Peturasan pedestal berkaki	25	-
14.	Peturasan, wall lip	15	-
15.	Peturasan, palung	20	-
16.	Peturasan dengan tangki glontor	10	-
17.	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	15	15
18.	Kloset dengan katup glontor	25	-
19.	Kloset dengan tangki glontor	10	-

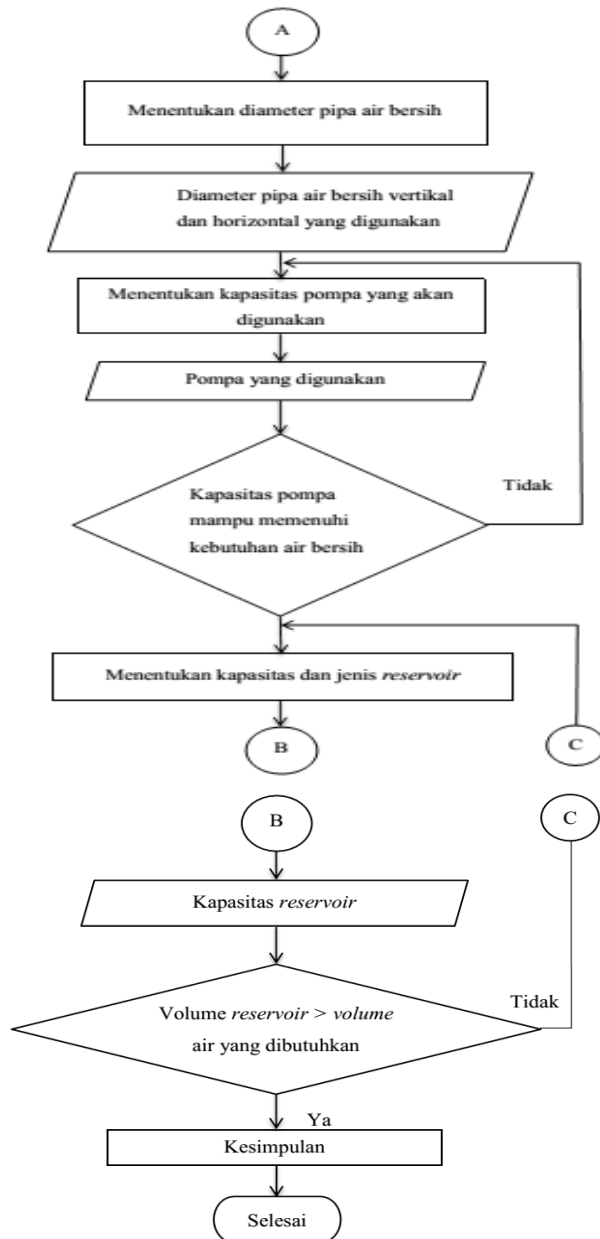
Tabel 2.5. Nilai 1/2 dari pipa berbagai ukuran dengankerugian tekanan aliran yang sama (Noerbambang, 2005)

Size of pipe (inch)	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10
Number of 1/2 Inch. Pipes with same capacity	1	1,7	2,9	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189	527	1.200	2.090

**3. Diagram Alir Proses Perancangan Penyediaan Air Bersih**

Prosedur untuk menentukan kapasitas air bersih ditunjukkan pada skema berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir perancangan sistem penyediaan air bersih (lanjutan).

### 3.3. Menentukan kebutuhan air bersih dalam gedung

Untuk menentukan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan cara mengetahui jumlah lantai dan luas lantai. Dari hasil pengumpulan data yang dilakukan di lapangan dapat diketahui bahwa jenis gedung yang dibangun yaitu *Twin Building* yang digunakan sebagai kampus, dengan bertingkat tujuh lantai dan total luas lantai 11630,58 m<sup>2</sup>.

### 3.4. Menentukan jumlah alat plambing dan jenis alat plambing

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan alat plambing di setiap gedung bisa dilakukan dengan cara mengetahui jenis ruangan, luas ruangan, jumlah ruangan. Setelah semua data diketahui maka jumlah dan jenis alat plambing akan dapat diketahui.

### 3.5. Pemilihan diameter pipa.

Metode yang digunakan untuk menentukan ukuran pipa air bersih yaitu dengan menggunakan jenis alat plambing yang dilayani oleh jalur pipa dan jumlah unit alat plambing. Dan untuk ukuran minimum pipa penyediaan air alat plambing dapat dilihat pada (table 2.4) dan pada (table 2.5).

### 3.6. Menentukan pompa

Dalam menentukan pompa dapat dilakukan dengan cara mengetahui kebutuhan air bersih dan menghitung total *head* pompa yaitu *head* yang terjadi dari berbagai kerugian *head* seperti pada gesekan di dalam pipa, belokan pipa, katup, dan sebagainya.

### 3.6. Menentukan reservoir

Untuk menentukan reservoir selain memperhatikan kebutuhan air bersih pada gedung juga perlu memperhatikan bahan yang akan digunakan untuk menampung air tersebut.

## 4. PEMBAHASAN DAN PERHITUNGAN

Setelah melakukan pengambilan data di lapangan diketahui luas lantai yang ada pada gedung *Twin Building* berlantai tujuh di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dengan masing-masing luas lantainya yaitu:

Luas lantai <i>basement</i>	= 1653,9 m <sup>2</sup>
Luas lantai dasar	= 1709,4 m <sup>2</sup>
Luas lantai satu	= 1709,4 m <sup>2</sup>
Luas lantai dua	= 1709,4 m <sup>2</sup>
Luas lantai tiga	= 1616,16 m <sup>2</sup>
Luas lantai empat	= 1616,16 m <sup>2</sup>
Luas lantai lima	= 1616,16 m <sup>2</sup>
<b>Luas Total</b>	<b>= 11630,58 m<sup>2</sup></b>

Setelah diketahui luas total lantai maka dapat diperkirakan luas efektif sampai 60% (Noerbambang, 1991). Luas efektif yang direncanakan yaitu 45 % maka:

$$\text{Luas efektif: } 11630,58 \times \frac{45}{100} = 5233,76 \text{ m}^2$$

Tabel 4.1 pemakaian air dingin minimum sesuai penggunaan gedung (SNI 03-7065-2005).

No.	Penggunaan gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100 <sup>1)</sup>	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 <sup>2)</sup>	Liter/tempat tidur pasien /hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor / Pabrik	50	Liter/pegawai/hari

Berdasarkan dari hasil penjumlahan di atas data yang diperoleh untuk luas efektif lantai di gedung *Twin Building* adalah 5233,76 m<sup>2</sup>. Dan kepadatan penghuni dapat diperkirakan sampai 5 m<sup>2</sup>/orang (Noerbambang, 1991).

Jika kepadatan hunian diansumsikan 3 m<sup>2</sup>/orang maka:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penghuni} &= \frac{\text{Luas efektif lantai}}{\text{kepadatan hunian}} \\ &= \frac{5233,76 \text{ m}^2}{3} \\ &= 1744,58 \text{ atau } 1745 \text{ orang} \\ \text{Jumlah hunian} &= 1745 \text{ orang.} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari Tabel 4.1 pemakaian air rata-rata maka akan diambil 80 liter per orang, jadi kebutuhan air rata-rata per hari adalah:

$$1745 \times 80 = 139600 \text{ liter/hari atau } 139,6 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

Diperkirakan tambahan sampai 20% untuk mengatasi kebocoran dan penyiraman taman (Noerbambang dan Morimura, 1991). Sehingga pemakaian air rata-rata perhari menjadi:

$$Q_d = 1,20 \times 139,6 = 167,52 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

Jadi pemakaian air rata-rata per hari yaitu: 167,52 m<sup>3</sup>/hari. Kalau dalam pemakaian air dianggap rata-rata per hari 8 jam, maka:

$$\begin{aligned} Q_h &= \frac{\text{jumlah rata-rata perhari}}{\text{waktu pemakaian}} \\ &= \frac{167,52}{8} = 20,94 \text{ m}^3/\text{jam.} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan air jam puncak bisa diketahui dengan:

$$Q_{h-Max} = (C_1) \times (Q_h)$$

Dimana nilai konstanta  $C_1$  biasanya berkisar antara (1,5-2,0), tergantung pada lokasi dan penggunaan pada gedung (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Konstanta  $C_1$  yang di ambil adalah 1,5 sehingga pemakaian air pada jam puncak adalah:

$$\begin{aligned} Q_{h-Max} &= (1,5) \times (20,94) \\ &= 31,41 \text{ m}^3/\text{jam.} \end{aligned}$$

Jadi pemakaian air pada jam puncak yaitu: 31,41 m<sup>3</sup>/jam.

Sedangkan pemakaian air pada menit puncak dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{m-Max} = (C_2) \times \left(\frac{Q_h}{60}\right)$$

Dimana nilai konstanta  $C_2$  biasanya berkisar antara (3,0-4,0) tergantung pada lokasi dan penggunaan pada gedung (Noerbambang dan Morimura, 1991). Konstanta  $C_2$  yang di ambil adalah 3 sehingga pemakaian air pada menit puncak adalah:

$$\begin{aligned} Q_{m-Max} &= (3) \times \left(\frac{20,94}{60}\right) \\ &= 1,04 \text{ m}^3/\text{menit.} \end{aligned}$$

#### 4.1 Menentukan Diameter Pipa

Dapat dihitung diameter pipa dengan menggunakan tabel 2.5, yaitu dengan cara melihat diameter pipa yang menyalur ke alat plambing dengan nilai diameter pipa (inch) lalu diambil nilai yang terdapat di kolom *Number of 1/2 inch pipe with same capacity* pada tabel 2.5, maka nilai pipa akan dapat diketahui sebagai berikut:

A. Toilet lantai dasar

l) Toilet I Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 3 pipa berdiameter 1 inch	: 6,2
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9 +
<b>Total</b>	<b>: 33,8</b>

Untuk menentukan diameter distribusi air bersih pada masing-masing toilet yaitu dengan cara menjumlahkan nilai *Number of 1/2 inch pipe with same capacity* yang sudah diketahui lalu ditarik ke atas pada kolom *size of pipe (inch)* pada tabel 2.5 maka akan dapat diketahui diameter (inch) untuk pipa distribusi.

Tabel 4.2 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai Dasar Toilet 1 Khusus pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Dasar	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9 + 6,2 = 28	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

#### 4.3 Kapasitas Pompa

Dengan kapasitas pompa sumur dangkal sebesar 167,52 m<sup>3</sup>/hari atau 6,98 m<sup>3</sup>/jam atau 0,12 m<sup>3</sup>/menit atau 0,0019 m<sup>3</sup>/detik. Dalam ketentuan umum sistem penyediaan air minum atau air bersih antarlain yaitu kecepatan aliran di dalam pipa maksimal 2 m/detik (SNI 03-7065-2005). jadi kecepatan aliran dalam pipa diasumsikan nilai v = 1,05 m/detik. Maka diameter pipa akan dapat diketahui dengan Persamaan:

$$Q = v \cdot A$$

Dengan Q = kapasitas pompa = 0,0019 m<sup>3</sup>/detik  
v = Kecepatan aliran dalam pipa  
A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} \text{Maka } A &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{0,0019}{1,05} \end{aligned}$$



$$= 0,0018 \text{ m}^2$$

Dengan  $A = \frac{\pi}{4} \times D^2$       $D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0018}{\pi}}$$

$$= 0,0478 \text{ m atau } 1,88 \text{ inch}$$

$$= 2 \text{ inch atau } 0,05 \text{ m.}$$

Dengan melihat tabel 4.50 pada nilai  $D = 2$  inch dapat diketahui nilai nominal diameter luar dan dalam pada *schedule* 40. Didapat dari tabel nilai diameter luar yaitu 2,375 inch dan diameter dalam 2,067 inch.

Tabel 4.26 Faktor kecepatan untuk berbagai jenis pipa

C	Jenis pipa
140	Pipa baru: tembaga, timah hitam, besi tuang, baja
130	Pipa baja baru, pipa besi tuang baru, Pipa tua: Kuningan, tembaga
110	Pipa dengan lapisan semen yang sudah tua
100	Pipa besi tuang atau pipa baja tuang sudah tua

(Soufyan M. N., Peter, Plumbing, 2000).

Tabel 4.27 ketebalan Dinding (untuk Alat Penyambung dan Pipa) (Sumber: Raswari, 1987)

Nominal Pipe Size	Nominal Outside Diameter	Nominal Inside Diameter														Nominal Pipe Size
		Sched 10	Sched 20	Sched 30	STD. WALL	Sched 40	Sched 60	EXT. STG.	Sched 80	Sched 100	Sched 120	Sched 140	Sched 160	XX STG.		
1/2	0.840	.674	-	-	.622	.622	-	.546	.546	-	-	-	-	.484	.252	1/2
3/4	1.050	.884	-	-	.824	.824	-	.742	.742	-	-	-	-	.612	.434	3/4
1	1.315	1.097	-	-	1.049	1.049	-	.957	.957	-	-	-	-	.815	.599	1
1 1/4	1.660	1.442	-	-	1.380	1.380	-	1.278	1.278	-	-	-	-	1.160	.896	1 1/4
1 1/2	1.900	1.682	-	-	1.610	1.610	-	1.500	1.500	-	-	-	-	1.338	1.100	1 1/2
2	2.375	2.157	-	-	2.067	2.067	-	1.939	1.939	-	-	-	-	1.687	1.503	2
2 1/2	2.875	2.635	-	-	2.469	2.469	-	2.323	2.323	-	-	-	-	2.125	1.771	2 1/2
3	3.500	3.260	-	-	3.068	3.068	-	2.900	2.900	-	-	-	-	2.624	2.300	3
3 1/2	4.000	3.760	-	-	3.548	3.548	-	3.364	3.364	-	-	-	-	2.728	2.375	3 1/2
4	4.500	4.260	-	-	4.028	4.028	-	3.826	3.826	-	3.624	-	3.438	3.152	4	
5	5.563	5.295	-	-	5.047	5.047	-	4.813	4.813	-	4.563	-	4.313	4.063	5	
6	6.625	6.357	-	-	6.065	6.065	-	5.761	5.761	-	5.501	-	5.187	4.897	6	
8	8.625	8.329	8.125	8.071	7.981	7.981	7.813	7.625	7.625	7.437	7.187	7.001	6.813	6.875	8	
10	10.750	10.420	10.250	10.136	10.020	10.020	9.750	9.750	9.750	9.312	9.062	8.750	8.500	8.750	10	

Tabel 4.28 Sifat-sifat fisik air (air dibawah 1 atm, dan air jenuh di atas 100°) (Tahara H., Sularso, 2000).

Temperature (c)	Kerapatan (kg/l)	Viskositas kinematika (m <sup>2</sup> /s)	Tekanan uap jenuh (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0,9998	1,792 x 10 <sup>-6</sup>	0,00623
5	1,0000	1,520	0,00889
10	0,9998	1,307	0,01251
20	0,9983	1,004	0,02383
30	0,9957	0,801	0,04325
40	0,9923	0,658	0,07520

### 4.3.1. Head Kerugian Pada Pompa Sumur Dangkal

$v$  Air = pada suhu 20°C.

Pada tabel 4.51 dapat diketahui viskositas kinematikanya yaitu  $1,004 \times 10^{-6}$  (m<sup>2</sup>/detik).

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$= \frac{1,05 \times 0,05}{1,004 \times 10^{-6}}$$

$$= 522908,36$$

❖ *Head* Kerugian Gesek Dalam Pipa (*Major Losses*)

Rumus *Hazen Williams*, (Tahara dan Sularso, 2000).

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

$$Q = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$D = 0,05$$

$$L = 12 \text{ m.}$$

$$h_{f1} = \frac{10,666 \times 0,0019^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,05^{4,85}} \times 12$$

$$= 0,29 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *pipe fitting* (*Minor Losses*)

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dima  $h_f$  = kerugian *head* (m).

$f$  = koefisien kerugian 0,06 (gambar 2.7)

$v$  = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s).

$g$  = percepatan gravitasi (9,8).

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0019}{0,0018}$$

$$= 1,05 \text{ m/s.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= 0,06 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,003 \text{ m.}$$

$$= 0 \text{ m.}$$

Kerugian pada satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan  $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$  maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,81} = 0,01 \text{ m.}$$

Jadi kerugian yang terjadi pada satu belokan 90° pipa yaitu sebesar 0,01 m.

❖ Koefisien kerugian pada keluar  $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 1,0 \times \frac{0,105^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,056 \text{ m.}$$

❖ Kerugian head pada katup

$$h_{f4} = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$h_f$  = Koefisien kerugian katup, tabel (2.5).

$f_v$  = Koefisien tahanan.

$v$  = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s).

$g$  = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

Katup yang digunakan untuk pompa sumur dangkal yaitu katup isap dengan saringan, untuk nilai  $f_v$  bisa dilihat pada tabel 2.5.

$$f_v = 50 \text{ mm.}$$

$$f_v = 1,97 + (1,97 - 1,191) = 2,03$$

$$h_v = 2,03 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,8} = 0,011 \text{ m.}$$

$$h_l = \text{kerugian } (h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4}) = 0,29 + 0,01 + 0,056 + 0,011 = 0,45 \text{ m.}$$

#### 4.3.2. Head Total Pompa

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air bersih sesuai yang dirancang yaitu, (Tahara dan Sularso, 2000: 43):

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dimana:

$H$  = Head total pompa (m)

$h_a$  = Head statis pompa (m)

$\Delta h_p$  = perbedaan head tekanan (m)

$h_l$  = kerugian head di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \cdot g}$  = Head kecepatan keluar (m)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} = 12 + 0 + 0,45 + \frac{1,05^2}{2 \times 9,8} = 12,5 \text{ m}$$

Tabel 4.30 Pemilihan tipe pompa sumur dangkal (Grundfos Pump, 2013).

Model	Head (m)	kW	Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	Hz
NBG 65-40-250/245 A-F-B-BAQE	11	2,2	28	50
NBG 65-40-200/198 A-F-B-BAQE	11	1,1	25	50
NBG 65-40-250/236 A-F-B-BAQE	14	1,1	11	50
NBG 65-40-200/219 A-F-B-BAQE	13	2,2	29	50

Pompa yang di pilih yaitu dengan spesifikasi:

Seri pompa = NBG 65-40-250/236 A-F-B-BAQE

Kapasitas = 11 m<sup>3</sup>/jam

Total head = 14 m.

Daya = 1,1 kW.

Jumlah Pompa = 2 Unit (2 beroperasi, 1 cadangan).

#### 4.3.4. Pemilihan Pompa Suplai Tangki Atas Gedung E 7

Kebutuhan air bersih keseluruhan pada gedung *twin building* 6,98 m<sup>3</sup>/jam, karena luas lantai setiap gedung relatif sama dan juga kebutuhan air bersih relatif sama maka 6,98 / 2 = 3,49 m<sup>3</sup>/jam, jadi kebutuhan air bersih pada gedung E 7 = 3,49 m<sup>3</sup>/jam atau 0,00097 m<sup>3</sup>/detik atau 58,2 Liter/menit.

❖ Head Kerugian Gesek Pada Pipa Hisap

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

$Q = 0,00097$  (m<sup>3</sup>/detik)

$D = 0,05$  m

$L = 3$  m.

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,05^{4,85}} \times 3 = 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian head pada saringan

$$h_f = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,05^2}$$

$$= 0,49 \text{ m/s.}$$

Pada ujung pipa isap direncanakan dipasang katup yaitu jenis katup isap dengan saringan.

Pada tabel 2.5 untuk diameter 100 mm  $f_v = 1,97$ .

$$f_v = 1,97 + (1,97 - 1,191) = 2,03$$

$$h_v = 2,03 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8} = 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian Pada Satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan  $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$  maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5} = 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8} = 0,0036 \text{ m.}$$

#### 4.3.6. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

Diketahui:

$Q = 0,00097$  m<sup>3</sup>/s.

$D = 0,04$  m

$$L = 60 \text{ m.}$$

$$h_{f1} = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,04^{4,85}} \times 60 = 1,26 \text{ m.}$$

- ❖ Kerugian *Head* Pada Pengecilan Penampang Pipa Secara Mendadak

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g}$$

Keterangan :

$v_2$  = kecepatan aliran fluida dalam pipa kecil (m/s).

Q = kapasitas aliran 0,0019 (m<sup>3</sup>/s)

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,04^2} = 0,77 \text{ m/s.}$$

Diketahui:

$$D_1 = 0,05 \text{ m.}$$

$$D_2 = 0,04 \text{ m.}$$

$$\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = \left(\frac{0,05}{0,04}\right)^2 = 1,56$$

Maka  $f = 0$

$$h_f = \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,03 \text{ m.}$$

- ❖ Koefisien kerugian pada 8 belokan 90°

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan  $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$  maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} \times 8 = 0,7$$

$$h_f = 0,7 \text{ m.}$$

- ❖ Koefisien kerugian pada keluar  $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 1,0 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,03 \text{ m.}$$

- ❖ Kerugian head pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Katup yang digunakan yaitu katup cegah jenis angkat bebas, nilai  $f$  dapat dilihat pada tabel 2.5.

Untuk nilai  $D = 100 \text{ mm}$  nilai  $f_v = 1,44$  dan  $D = 50 \text{ mm}$  nilai  $f_v = 1,49$  maka  $D = 40$  yaitu:

$$f_v = 1,49 + \frac{(40-100)}{(100-50)} \times (1,44-1,49)$$

$$f_v = 1,55$$

$$h_v = 1,55 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,046$$

Dengan katup yang digunakan yaitu 2 unit katup maka  $0,046 \times 2 = 0,92 \text{ m.}$

$$h_v = 0,92 \text{ m.}$$

- ❖ Harga keseluruhan kerugian *head* akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

$$\checkmark \text{ Kerugian bagian hisap } \sum H_a = 0,02 + 0,2 + 0,0036 = 0,043 \text{ m.}$$

$$\checkmark \text{ Kerugian bagian hisap } \sum H_b = 1,26 + 0,03 + 0,7 + 0,03 + 0,92 = 2,94 \text{ m.}$$

$$h_l = \sum H_a + \sum H_b$$

$$= 0,043 + 2,94 = 2,98 \text{ m.}$$

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} = 32 + 0 + 2,98 + \frac{0,077^2}{2 \times 9,8} = 35 \text{ m.}$$

Tabel 4.32 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos JP Basic, 2016).

Model	Head (m)	Kw	Kapasitas (liter/menit)
NS Basic 13 - 18 T	18	1,10	280
JPC BASIC 3	40	0,85	40
NS Basic 5 - 33 M	33	1,3	140
JP BASIC 4	28	0,75	40
JP BASIC 5	39	1,1	60

Pompa yang dipilih yaitu:

Seri poma = NS Basic 5

Kapasitas = 60 liter/menit

Total head = 39 m.

Daya = 1,1 kW.

Jumlah Pompa = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).

4.3.7. Hasil perhitungan untuk berbagai head yang terjadi pada perencanaan pompa pensuplai gedung E 6 yaitu:

- ❖ Harga keseluruhan kerugian *head* akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

$$\checkmark \text{ Kerugian bagian hisap } \sum H_a = 0,02 + 0,2 + 0,0036 = 0,043 \text{ m.}$$

$$\checkmark \text{ Kerugian bagian hisap } \sum H_b = 0,84 + 0,3 + 0,8 + 0,03 + 0,13 = 1,83 \text{ m.}$$

$$h_l = \sum H_a + \sum H_b = 0,043 + 1,83 = 1,87 \text{ m.}$$

- ❖ *Head* Total Pompa

*Head* total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sesuai dengan kebutuhan yaitu: (Tahara H., Sularso, Pompa Dan Kompresor, hal:43)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dimana:

$H$  = *Head* total pompa (m)

$h_a$  = *Head statis* pompa (m)

$\Delta h_p$  = perbedaan *head* tekanan (m)

$h_l$  = kerugian *head* di pipa (m)

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Head kecepatan keluar (m)}$$

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= 32 + 0 + 1,87 + \frac{0,077^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 33,87 \text{ m.}$$

Tabel 4.32 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos JP Basic, 2016).

Model	Head (m)	Kw	Kapasitas (liter/menit)
NS Basic 13 - 18 T	18	1,10	280
NF 30-30	30	3,4	650
JP BASIC 5	35	1,6	70
JPC BASIC 3	40	0,85	40
JP BASIC 5	58	1,1	37

Maka pompa yang digunakan untuk suplai tangki atas gedung E 6 yaitu menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

Seri pompa = JP BASIC 5

Kapasitas = 70 liter/menit.

Total head = 35 m.

Daya = 1,6 kW.

Jumlah Pompa = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).

4.3.8. Pemilihan Pompa Suplai Lantai 3,4, dan 5 dari hasil perhitungan di dapat sebagai berikut:

❖ Harga keseluruhan kerugian head akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

✓ Kerugian bagian hisap  $\sum H_a = 0,0067 + 0,012 + 0,02 = 0,02 \text{ m.}$

✓ Kerugian bagian hisap  $\sum H_b = 0,21 + 0,013 + 0,07 + 0,0055 + 0,24 = 0,54 \text{ m.}$

$h_l = \sum H_a + \sum H_b$   
 $= 0,02 + 0,54 = 0,56 \text{ m.}$

❖ Head Total Pompa

(Tahara H., Sularso, Pompa Dan Kompresor, hal:43).

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dimana:

H = Head total pompa (m)

$h_a$  = Head statis pompa (m)

$\Delta h_p$  = perbedaan head tekanan (m)

$h_l$  = kerugian head di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \times g}$  = Head kecepatan keluar (m)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= -12 + 0 + 0,56 + \frac{0,33^2}{2 \times 9,8}$$

$$= -11,43 \text{ m.}$$

Jadi sebenarnya untuk lantai 3, 4, dan 5 sebenarnya tidak memakai pompa sudah bisa di penuh dengan tangki atas tapi untuk mengat tekanan bisa memakai pompa sebagai berikut:

Tabel 4.34 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos CR, 2016).

Model	Head (m)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /h)	Kw
CR 5-03	14	5	0,37
CR 3-05	23	3	0,37
CR 3-06	28	3	0,55
CR 5-05	25	5	0,75

Maka direncanakan untuk pompa penguat akan menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

Seri poma = CR 3-06

Kapasitas = 3 m<sup>3</sup>/jam

Total head = 28 m.

Kw = 0,37 kW.

Jumlah Pompa = 4 unit dan 2 cadangan.

#### 4.4. Menentukan Kapasitas Tangki Bawah

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T)$$

Sedangkan kalau tangki tersebut juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, ukuran tangkinya adalah:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F$$

Dengan:

$V_R$  = Volume tangki air minum (m<sup>3</sup>/hari)

$Q_d$  = Jumlah kebutuhan per hari (m<sup>3</sup>/hari)

$Q_s$  = Kapasitas pipa dinas, 2/3 kebutuhan air rata-rata per jam sebesar (m<sup>3</sup>/jam)

$$= \frac{Q_h \times 2}{3}$$

$$= \frac{20,94 \times 2}{3} = 13,96 \text{ m}^3/\text{jam.}$$

T = Ra-rata pemakaian air per hari (jam/hari)

$V_F$  = Cadangan air untuk pemadam kebakaran = 20 m<sup>3</sup>/hari.

Dari hasil perhitungan di atas kapasitas pipa dinas ( $Q_s$ ) sebesar 13,96 m<sup>3</sup>/jam dan pemakaian air (T) per hari rata-rata 8 jam maka volume tangki air bawah sebesar:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F$$

$$V_R = (167,52 - (13,96 \times 8)) + 20 = 57,84 \text{ m}^3.$$

#### 4.5 Kapasitas Tangki Air Atas Gedung Twin Building Berlantai Tujuh

$$V_E = (Q_p - Q_{max}) \times T_P + Q_{PU} \times T_{PU}$$

Dimana:

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya, didapat harga  $Q_p = Q_{m-max}$  yaitu sebesar 1,04 m<sup>3</sup>/menit= 1040 liter/menit;  $Q_{max} = Q_{h-max}$  yaitu sebesar 31,41 m<sup>3</sup>/jam= 523,5 liter/menit;  $Q_{pu}=Q_{max}$   $T_p = 30$ ;  $T_{pu} = 10$  menit. maka volume efektif tangki atas untuk gedung tersebut sebesar:

$$V_E = (Q_p - Q_{mak}) T_p + Q_{pu} \times T_{pu}$$

$$V_E = (1040 - 523,5) \text{ liter/menit} \times 30 + (523,5 \text{ liter/menit} \times 10) \\ = 20730 \text{ liter atau } 20,73 \text{ m}^3.$$

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan perancangan ulang sistem instalasi air bersih pada gedung *Twin Building* berlantai tujuh yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan didapat luas total lantai = 1616,16 m<sup>2</sup>.
2. Dan luas efektif dari perhitungan didapat = 5233,76 m<sup>2</sup>.
3. Spesifikasi pompa sumur dangkal pada perancangan adalah:
  - ✓ Seri pompa = NBG 65-40-250/236 A-F-B-BAQE
  - ✓ Kapasitas pompa = 11 m<sup>3</sup>/jam atau 183,3 liter/menit.
  - ✓ Total head = 14 m.
  - ✓ Daya = 1,1 kW.
  - ✓ Unit = 2 unit (1 beroperasi, 1 cadangan).
4. Spesifikasi pompa suplai tangki atas pada gedung E 7 dari hasil perancangan ini adalah:
  - Seri pompa = JP BASIC 5.
  - Kapasitas pompa = 60 liter/menit.
  - Total head = 39 m.
  - Daya = 1,1 kW.
  - Unit = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).
5. Spesifikasi pompa suplai tangki atas pada gedung E 6 dari hasil perancangan ini adalah:
  - Seri pompa = JP BASIC5
  - Kapasitas pompa = 70 liter/menit.
  - Total head = 35 m.
  - Daya = 1,6 kW.
  - Unit = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).
6. Spesifikasi pompa suplai lantai 3,4, dan 5 pada gedung E 6 dan E 7 pada perancangan ini adalah:
  - Seri pompa = CR 3-06
  - Kapasitas pompa = 3 m<sup>3</sup>/jam atau 50 liter/menit.
  - Total head = 28 m.
  - Daya = 0,37 kW.
  - Unit = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).
7. Kapasitas tangki bawah dari hasil perhitungan = 75,84 m<sup>3</sup>.
8. Kapasitas tangki atas dari hasil perhitungan = 11,5 m<sup>3</sup>.

9. Dari hasil perhitungan, diketahui nilai  $Q_d$  yaitu 167,563 m<sup>3</sup>/hari atau sama dengan 116,33 liter/menit. sedangkan kapasitas pompa sumur dangkal pada lapangan diketahui 145 liter/menit. Dan nilai *head* total pompa sumur dangkal dari hasil perancangan ulang dengan nilai *head* total pompa sumur dangkal dilapangan selisih cukup besar yaitu pada perhitungan yang didapat oleh perancang *head* total pompa = 14 m sedangkan *head* total pompa pada lapangan = 25 m.
10. Nilai *hed* total pompa suplai tangki atas gedung E 6 dan E 7 di lapangan dengan *head* total pompa suplai tangki atas gedung E 6 dan E 7 dari perhitungan selisih 16 m untuk gedung E 6 dan 12 m untuk gedung E 7, dengan lebih besar *head* total pompa dari lapangan. Dan *head* total pompa suplai lantai 3,4, dan 5 dari hasil perhitungan yaitu menunjukkan bahwa air bisa di suplai hanya dengan menggunakan tangki atas tapi untuk memperkuat tekanan air maka di pilih pompa dengan *head* 28 m.

## 5.2. SARAN

Dalam merencanakan bak tangki air atas dan bawah pada bangunan gedung dengan penghuni lebih dari 1000 orang, sebaiknya di setiap tangki diberi sensor otomatis yang diteruskan ke pompa untuk mengontrol kapasitas air pada tangki supaya tidak kehabisan air atau kelebihan kapasitas air pada tangki, supaya dalam pengoperasiannya bisa mengurangi faktor yang tidak diinginkan baik dari segi keamanan, lingkungan, dan ekonomi.

Dalam pemasangan pompa dan tangki dibuat sedemikian rupa yang bisa memudahkan dalam segi perawatan dan sebisa mungkin jangan memasang pompa pada posisi tepat di atas tangki.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. “*Sistem Plambing SNI 03 – 6481-2000*”, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta Pusat.
- Anonim, 2005. “*Sistem Plambing SNI 03-7065-2005*”, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta Pusat.
- Artayana, K. C. B., Gede I. A., 2010. “*Perencanaan Instalasi Air Bersih dan Air Kotor Pada Bangunan Gedung dengan Menggunakan Sistem Pompa*”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin cakram, Vol. 4 ,Universitas Udayana Denpasar. Bali.
- Babbitt, H. E., 1960. “*Plumbing*”, McGraw-hill Book Company, new-york.



- Grundfos, 2016. “*Harga pompa Grundfos JP Basic*”, diakses pada 19 Juli 2016, dari <http://pompa-grundfos.blogspot.co.id/2016/02/harga-pompa-grundfos-jp-basic.html>.
- Grundfos, 2013. “*PUMP-NBG SeriesS 4 Pole*”, diakses pada 19 Juli 2016, dari <http://pompa-grundfos.blogspot.co.id/2013/05/grundfos-pump-nbgseries-es-4-pole.html>.
- Grundfos, 2016, “*Grundfos CRN Series - Vertikal Multistage Booster Pump*”, diakses pada 19 Juli 2016, dari <http://pompa-grundfos.blogspot.co.id/2013/05/grundfos-crn-seriesvertikal-multistage.html>.
- Gumilar, G., 2011. “*Perencanaan Plumbing Air Bersih Dan Air Kotor*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hartanto, R., 2011. “*Identifikasi Potensi Air Bawah Tanah Dengan Metode Geolistrik 1-Dimensi Di Desa Sumbersari Kabupaten Jember*”, Lamporan Tugas Akhir, Universitas Jember. Jember.
- Imam, N. F. A., 2014. “*Tinjauan Sistem Plumbing Pada Hotel Amaris Di Kota Gorontalo*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Kristianto, J. B., 2016. “*Direktori Hotel Dan Akomodasi Lain Daerah Istimewa Yogyakarta*”, Katalog : 1305043.34, Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta.
- Noerbambang, S. M., Takeo M., 1991. “*Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing*”, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Primasandi, D., 2010. “*Perancangan Ulang Instalasi Air Bersih Rumah Sakit Umum Swasta Berlantai Lima Di Cibinong, Bogor, Jawa Barat*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pramuditya, A. R., 2010. “*Perancangan Sistem Plumbing gedung Rumah Sakit Akademik Yogyakarta*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Atmajaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Putra, D. A., Yulianti P., 2015. “*Perancangan Sistem Instalasi Plumbing Air Bersih Gedung Prak View Hotel*”, Jurnal Reka Lingkungan vol. 3, Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Raswari, 1987. “*Perancangan Dan Penggambaran Sistem Perpipaian*”, Universitas Indonesia. Jakarta
- Sudarmadji, Puryanto, Hamdi., 2012. “*Pencegahan Terjadinya Pukulan Air Dalam Pipa Instalasi Plumbing Pada Sistem Penyediaan Air Bersih*”, Jurnal Teknik Sipil Vol. 7, Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Sularso, Harura T., 2000. “*Pompa Dan Komprsor*”, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Susilo, J. J., Very D., Andre, P. H., 2014. “*Studi Perencanaan Penyediaan Air Bersih Pada Gedung Bertingkat Tunjungan Plasa VI Kota Surabaya*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Brawijaya Malang. Malang.
- Wahyudi, I., 2013. “*Analisa Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Jember. Jember.
- Wanggay, P. R., 2013. “*Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Dan Air Kotor*” Laporan Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wijarnako, W. M., 2015. “*Perencanaan Kebutuhan Air Bersih Dan Kotor Berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing Proyek Pembangunan Rumah Sakit Pratama Yogyakarta*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Susilo, J. J., Very D., Andre, P. H., 2014. “*Studi Perencanaan Penyediaan Air Bersih Pada Gedung Bertingkat Tunjungan Plasa VI Kota Surabaya*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Brawijaya Malang. Malang.
- Wahyudi, I., 2013. “*Analisa Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Jember. Jember.
- Wanggay, P. R., 2013. “*Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Dan Air Kotor*” Laporan Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wijarnako, W. M., 2015. “*Perencanaan Kebutuhan Air Bersih Dan Kotor Berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing Proyek Pembangunan Rumah Sakit Pratama Yogyakarta*”, Laporan Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.