

**ANALISA SISTEM PERPIPAAN PEMADAM KEBAKARAN
AKIBAT PENAMBAHAN GATE VALVE
(STUDI KASUS DI LANTAI TIGA GEDUNG MALANG TOWN SQUARE)**

SKRIPSI

Konsentrasi Konversi Energi

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**F. OKTOYAMA
NIM. 0410622007**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA SISTEM PERPIPAAN PEMADAM KEBAKARAN AKIBAT
PENAMBAHAN GATE VALVE
(STUDI KASUS DI LANTAI TIGA GEDUNG MALANG TOWN SQUARE)**

SKRIPSI

Konsentrasi Konversi Energi

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

F. OKTOYAMA

NIM. 0410622007-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Ir. Djoko Sutikno, M. Eng.

NIP. 131 276 249

Dosen Pembimbing II

Ir. Suharto, MT.

NIP. 131 131 025

**ANALISA SISTEM PERPIPAAN PEMADAM KEBAKARAN
AKIBAT PENAMBAHAN GATE VALVE
(STUDI KASUS DI LANTAI TIGA GEDUNG MALANG TOWN SQUARE)**

Disusun oleh :

**F. OKTOYAMA
NIM 0410622007-62**

**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 27 Juli 2007**

Skripsi 1

Skripsi 2

**Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph. D.
NIP : 131 286 308**

**Ir. Pratikto, M.MT.
NIP : 130 928 864**

Komprehensif

**Ir. Sentanu
NIP : 130 518 937**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP : 132 159 708**



KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Analisa Sistem Perpipaan Pemadam Kebakaran Akibat Penambahan Gate Valve (Studi Kasus Di Lantai Tiga Gedung Malang Town Square)**”.

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas dukungan dan bantuan dari semua pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M. Sc. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Dr. Ir. Rudy Soenoko, M. Eng. Sc. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi.
4. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M. Eng. selaku dosen pembimbing pertama.
5. Bapak Ir. Suharto, MT. selaku dosen pembimbing kedua.
6. Bapak Sodiq selaku *Chief Engineering* Malang Town Square.
7. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin dan seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Keluarga tercinta yang selama ini telah memberi doa dan segalanya demi terciptanya cita-cita penulis dalam menuntut ilmu.
9. Buat seseorang yang sangat berharga dan selalu setia menemaniku selama penyusunan skripsi ini sampai dengan selesai
10. Rekan-rekan mahasiswa SAP 04 Teknik Mesin yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang penulis miliki, tentunya skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga memerlukan banyak masukan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Agustus 2007

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SIMBOL	xi
RINGKASAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Umum Pompa	4
2.2 Spesifikasi Pompa yang Diteliti	4
2.3 <i>Gate Valve</i> (Katup Gate)	4
2.4 Karakteristik Pompa	5
2.4.1 Karakteristik Utama	5
2.4.2 Karakteristik Kerja Pompa	6
2.5 <i>Head</i> Pompa	8
2.6 <i>Head Loss</i> Instalasi Pompa	10
2.6.1 <i>Head Loss</i> Major	10
2.6.2 <i>Head Loss</i> Minor	11
2.6.2.1 Kerugian <i>Head</i> Akibat Belokan Pipa	12
2.6.2.2 Kerugian Akibat Pembesaran Penampang	12
2.6.2.3 Kerugian Akibat Pengecilan Penampang	13
2.6.2.4 Kerugian <i>Head</i> Pada Katup (<i>Valve</i>)	13

2.6.2.5 Head Loss Pada Pipa Bercabang (<i>Tee</i>)	14
2.7 Net Positif Suction Head (NPSH)	14
2.7.1 NPSH _{yang tersedia}	15
2.7.2 NPSH _{yang diperlukan}	15
2.8 Kavitasi	16
2.9 Kapasitas	17
2.10 Daya Pompa	17
2.11 Thrust Block	17
2.11.1 Tumpuan Belokan	18
2.11.2 Tumpuan <i>Tee</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metodologi Penelitian	21
3.2 Obyek Analisa	22
3.3 Diagram Alir Pengerjaan	23
BAB IV PEMBAHASAN	24
4.1 Head Losses	24
4.2 Perhitungan Head Loss Sebelum Penambahan Gate Valve	25
4.3 Perhitungan Head Loss Setelah Penambahan Gate Valve	28
4.4 Analisa Kemampuan Masing-Masing Pompa	33
4.4.1 Jockey Pump	33
4.4.2 Electric Pump	35
4.4.3 Diesel Pump	36
4.5 Net Positive Suction Head (NPSH) Tersedia	38
4.6 Daya Pompa	40
4.6.1 Jockey Pump	40
4.6.2 Electric Pump	41
4.6.3 Diesel Pump	43
4.7 Thrust Block	44
4.7.1 Tumpuan Belokan	44
4.7.1.1 Jockey Pump	45
4.7.1.2 Electric Pump	45
4.7.2 Tumpuan <i>Tee</i>	46

4.7.2.1 <i>Jockey Pump</i>	46
4.7.2.2 <i>Electric Pump</i>	47
BAB V PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 <i>Major Losses, Minor Losses, Head Loss Total dan Tekanan</i>	31
Tabel 4.2 <i>Head Loss Total Sebelum dan Setelah Penambahan Gate Valve</i>	31
Tabel 4.3 Jumlah Sprinkler Pecah Saat <i>Jockey Pump</i> Operasi.....	34
Tabel 4.4 Jumlah Sprinkler Pecah Saat <i>Electric Pump</i> Operasi	35
Tabel 4.5 Jumlah Sprinkler Pecah Saat <i>Diesel Pump</i> Operasi	37
Tabel 4.6 Daya Pompa Saat <i>Jockey Pump</i> Operasi	41
Tabel 4.7 Daya Pompa Saat <i>Electric Pump</i> Operasi	42
Tabel 4.8 Daya Pompa Saat <i>Diesel Pump</i> Operasi	43
Tabel 4.9 Gaya Pada Tumpuan Belokan Dan Tumpuan Tee Saat <i>Jockey Pump</i> Operasi.....	48
Tabel 4.10 Gaya Pada Tumpuan Belokan Dan Tumpuan Tee Saat <i>Electric Pump</i> Operasi	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Gate Valve</i>	5
Gambar 2.2 Karakteristik untuk tiga putaran yang berbeda	6
Gambar 2.3 Karakteristik utama untuk beberapa putaran yang berbeda.....	6
Gambar 2.4 Kurva karakteristik kerja <i>Jockey Pump</i>	7
Gambar 2.5 Kurva karakteristik kerja <i>Electric</i> dan <i>Diesel Pump</i>	8
Gambar 2.6 <i>Head</i> pompa pada suatu instalasi.....	9
Gambar 2.7 Nilai K akibat pembesaran dan pengecilan penampang	13
Gambar 2.8 Macam-macam sambungan pada <i>Thrust Block</i>	18
Gambar 2.9 Gaya <i>Thrust</i> pada belokan	19
Gambar 2.10 Gaya <i>Thrust</i> pada <i>tee</i>	20
Gambar 4.1 <i>Layout Upper Ground Floor</i> di lantai 3	25
Gambar 4.2 Grafik hubungan <i>Head Loss</i> dengan jumlah <i>Sprinkler</i>	32
Gambar 4.3 Grafik hubungan tekanan dengan jumlah <i>Sprinkler</i>	33
Gambar 4.4 Grafik hubungan tekanan dan jumlah <i>sprinkler</i> pada <i>jockey pump</i>	34
Gambar 4.5 Grafik hubungan tekanan dan jumlah <i>sprinkler</i> pada <i>electric pump</i>	36
Gambar 4.6 Grafik hubungan tekanan dan jumlah <i>sprinkler</i> pada <i>diesel pump</i>	37
Gambar 4.7 Grafik hubungan tekanan dan daya pada <i>jockey pump</i>	41
Gambar 4.8 Grafik hubungan tekanan dan daya pada <i>electric pump</i>	42
Gambar 4.9 Grafik hubungan tekanan dan daya pada <i>diesel pump</i>	44
Gambar 4.10 Grafik hubungan jumlah sprinkler dan gaya pada tumpuan belokan pada tekanan statik.....	49
Gambar 4.11 Grafik hubungan jumlah sprinkler dan gaya pada tumpuan belokan pada tekanan dinamik	49
Gambar 4.12 Grafik hubungan jumlah sprinkler dan gaya pada tumpuan <i>Tee</i> pada tekanan statik	50
Gambar 4.13 Grafik hubungan jumlah sprinkler dan gaya pada tumpuan <i>Tee</i> pada tekanan dinamik	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Major Losses, Minor Losses, Head Loss Total* dan tekanan pada *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 2. *Head Loss Total* Sebelum dan Setelah Penambahan *Gate Valve* pada *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 3. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Jockey Pump* Operasi pada *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 4. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Electric Pump* Operasi pada *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 5. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Diesel Pump* Operasi pada *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 6. Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan *Tee* pada tekanan statik dan dinamik tiap-tiap pompa di *Upper Ground Floor Shaft 3*

Lampiran 7. Lampiran 1. *Major Losses, Minor Losses, Head Loss Total* dan tekanan pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 8. *Head Loss Total* Sebelum dan Setelah Penambahan *Gate Valve* pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 9. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Jockey Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 10. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Electric Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 11. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Diesel Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 12. Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan *Tee* pada tekanan statik dan dinamik tiap-tiap pompa di *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Lampiran 13. Lampiran 1. *Major Losses, Minor Losses, Head Loss Total* dan tekanan pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*

Lampiran 14. *Head Loss Total* Sebelum dan Setelah Penambahan *Gate Valve* pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*

Lampiran 15. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Jockey Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*



Lampiran 16. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Electric Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*

Lampiran 17. Jumlah Sprinkler Pecah Saat *Diesel Pump* Operasi pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*

Lampiran 18. Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan *Tee* pada tekanan statik dan dinamik tiap-tiap pompa di *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*

Lampiran 19. Koefisien hambatan (K) untuk katup terbuka, siku dan sambungan

Lampiran 20. *Properties of saturated water*

Lampiran 21. Grafik faktor gesekan pada aliran pipa

Lampiran 22. Spesifikasi pompa pemadam kebakaran “*MALANG TOWN SQUARE*”



DAFTAR SIMBOL

H	<i>Head total pompa</i>
h_a	<i>Head statis total</i>
Δh_p	Perbedaan <i>head</i> tekanan yang bekerja pada kedua pemukaan
h_l	Berbagai kerugian <i>head</i> di pipa
v	Kecepatan aliran
g	Grafitasi
h_{lf}	<i>Head loss major</i>
h_{lm}	<i>Head loss minor</i>
f	Koefisien gesek
L	Panjang pipa
D	Diameter pipa
K	Koefisien hambatan
P_a	Tekanan atmosfir
P_v	Tekanan uap jenuh
ρ	Rapat masa zat cair
Q	Kapasitas
A	Luas Penampang
η_p	Efisiensi pompa
T	Gaya <i>Thrust</i>



RINGKASAN

F. OKTOYAMA, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, *Analisa Sistem Perpipaan Pemadam Kebakaran Akibat Penambahan Gate Valve (Studi Kasus Di Lantai Tiga Gedung Malang Town Square)*, Dosen Pembimbing : Ir. Djoko Sutikno, M. Eng. dan Ir. Suharto, MT.

Prinsip dasar pengamatan kebakaran pada bangunan gedung bertingkat dari bahaya kebakaran adalah : mencegah timbulnya penyalakan, membatasi penjalaran api, mendekksi dan melakukan pemadaman dini. Pada sistem pemadam kebakaran gedung “Malang Town Square”, ada kekurangan pada sistem pemadam kebakaran tersebut yaitu tidak adanya katup (*Gate Valve*) pengaman aliran air pemadam pada tiap lantai sebelum menuju masing-masing *sprinkler*. Maka pemasangan katup pengaman (*gate valve*) sangat dibutuhkan pada saluran pipa pemadam sebelum menuju ke *sprinkler* pada tiap lantai gedung. Selain itu *fitting* pada pipa ring sering mengalami kebocoran, hal ini kemungkinan disebabkan oleh *Thrust Block* yang tidak mampu menahan gaya sewaktu instalasi beroperasi.

Hasil perhitungan selisih *Head Losses* kurang dari 1 (m), sehingga diperlukan *Gate Valve* sebagai pengaman aliran di tiap lantai. Dilantai 3 *Jockey Pump* mampu mengatasi 9 *sprinkler*, *Electric Pump* mampu mengatasi 242 *sprinkler* dan *Diesel Pump* mampu mengatasi 322 *sprinkler*. NPSH dari *Jockey Pump* saja yang memenuhi syarat dari NPSH yang diijinkan yaitu 6,4 m masih lebih besar dari NPSH yang disarankan oleh pabrik 4 m. Sedangkan NPSH yang tersedia pada *Electric Pump* NPSH yang tersedia 6,7 m lebih kecil dari NPSH yang disarankan oleh pabrik 19 m dan *Diesel Pump* besarnya NPSH yang tersedia 6,6 m lebih kecil dari NPSH yang disarankan oleh pabrik 15 m sehingga tidak memenuhi syarat NPSH yang diijinkan dari spesifikasi pompa yang digunakan pabrik. Besar gaya yang diterima oleh *Thrust Block* semakin menurun sewaktu terjadi tekanan statik, saat terjadi tekanan dinamik gaya yang diterima *thrust block* naik.

Dari hasil analisa *Head loss* semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah *sprinkler*. Karena jumlah *sprinkler* yang semakin banyak maka nilai *major losses* dan *minor losses* akan semakin besar. Semakin banyak *head loss* maka tekanan akan semakin turun, karena kenaikan *head loss* setara dengan kenaikan jumlah *sprinkler*. Gaya yang bekerja pada *thrust block* dipengaruhi oleh tekanan dan kecepatan fluida air mengalir dalam pipa instalasi pada tiap pompa beroperasi.

Kata kunci : *gate valve*, *sprinkler*, *thrust block*, *Head loss*.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fakta menunjukkan dari tahun ke tahun kebakaran cenderung meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk suatu daerah atau kota. Di sisi lain, institusi kebakaran kota sebagai salah satu institusi yang bertanggung jawab untuk menangani kebakaran masih terbatas kemampuannya dalam menangani permasalahan kebakaran.

Prinsip dasar pengamatan kebakaran pada bangunan gedung bertingkat dari bahaya kebakaran adalah : mencegah timbulnya penyalaan, membatasi penjalaran api, mendekksi dan melakukan pemadaman dini, mempermudah penyelamatan jiwa (evakuasi saat terjadi kebakaran), serta meminimalisasi kerusakan bila kebakaran terjadi.

Kebanyakan bangunan bertingkat direncanakan dan dibangun dengan konsep untuk meminimalkan resiko bila terjadi bahaya kebakaran. Peralatan pencegahan dan penanggulangan kebakaran pada umumnya telah dipasang untuk melengkapi bangunan tersebut, seperti sistem detektor panas, detektor asap, sistem alarm bel manual / otomatis, hidran gedung / halaman, sprinkler dan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Dalam kenyataannya, bencana kebakaran masih saja terjadi. Bencana ini umumnya disebabkan karena keteleoran manusia seperti akibat puntung rokok, kompor minyak /gas, lilin, hubungan singkat instalasi dan peralatan listrik.

Oleh karena itu sistem pemadam kebakaran dari suatu gedung harus selalu *standby* sehingga dibutuhkan suatu kinerja instalasi pemadam yang handal. Oleh karena itu pompa sebagai salah satu komponen utama instalasi kebakaran, harus dilakukan perawatan secara terus menerus dan berkala. Dalam hal ini penulis



mengambil suatu studi kasus yang ada pada sistem pemadam kebakaran pada gedung “Malang Town Square”. Dimana ada kekurangan pada sistem pemadam kebakaran tersebut, yaitu : tidak adanya katup (*Gate Valve*) pengaman aliran air pemadam pada tiap lantai sebelum menuju masing-masing *sprinkler*.

Katup pengaman atau yang biasa disebut *gate valve* sangat dibutuhkan pada saluran pipa pemadam sebelum menuju ke *sprinkler* pada masing-masing lantai gedung yang ada di Malang Town Square. Kendala yang lain yaitu *fitting* pada pipa ring sering mengalami kebocoran, hal ini kemungkinan disebabkan oleh *Thrust Block* yang tidak mampu menahan gaya sewaktu instalasi beroperasi. Oleh sebab itu penulis mengambil judul berupa studi kasus yaitu analisa sistem perpipaan pemadam kebakaran akibat penambahan *gate valve* (studi kasus di lantai tiga gedung Malang Town Square).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana *Head Losses* dan *NPSH* yang terjadi jika ditambahkan *gate valve* pada jalur pipa pemadam di lantai tiga ?
2. Bagaimana gaya-gaya yang ada pada *Thrust Block* sebagai penahan pipa sewaktu sistem dioperasikan?

1.3. Batasan masalah

Agar permasalahan tidak terlalu luas maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

- a. Semua data yang diambil dalam kondisi air *standby* pada jalur pipa pemadam.



- b. Perhitungan *head Losses* sebelum dan sesudah ditambahkan *gate valve* pada jalur pipa pemadam.
- c. Jenis fluida kerja berupa air.
- d. Perpindahan panas yang terjadi diabaikan.
- e. Pembahasan hanya pada jalur pipa keluar pompa sampai ke *sprinkler* pada lantai tiga.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah :

- 1. Untuk mengetahui besar *head Losses* sebelum dan sesudah ditambahkan *gate valve* pada jalur pipa pemadam serta NPSH yang terjadi.
- 2. Untuk mengetahui besar gaya yang diterima *Thrust Block* sewaktu instalasi bekerja.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi pihak Malang *Town Square* khususnya pada pengelola sistem pemadam kebakaran untuk meningkatkan suatu sistem keamanan bagi pengunjung yang berbelanja. Sehingga apabila terjadi kebakaran maka pengelola mengetahui kemampuan sistem pemadam yang ada. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan bagi peneliti, memberikan gambaran pengetahuan kepada masyarakat seprofesi, dan dapat digunakan sebagai perbendaharaan wawasan ilmu pengetahuan baik bagi dunia industri maupun akademis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum Pompa

Pompa adalah suatu mesin fluida yang digunakan untuk menaikkan energi cairan. Biasanya alat ini digunakan untuk menaikkan cairan ke permukaan yang lebih tinggi atau memindahkannya dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi.

Pompa didalam kerjanya, akan mentransfer energi mekanik poros pompa ke cairan yang mengalir melaluinya. Energi tersebut digunakan untuk mengatasi tahanan hidrolis, beda elevasi dan beda tekanan pada instalasi.

2.2 Spesifikasi Pompa Yang Diteliti

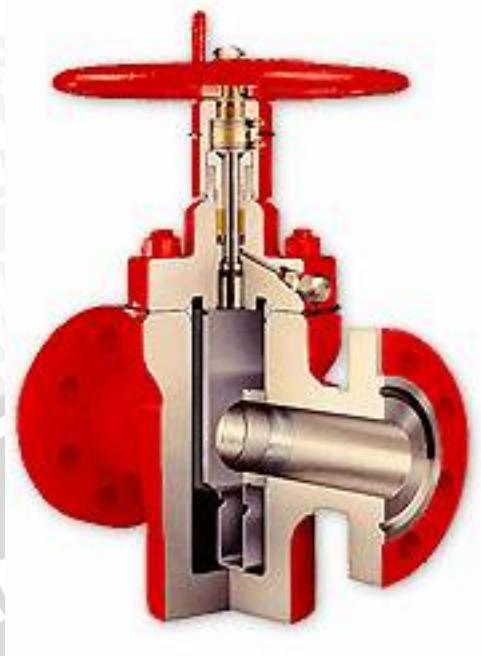
Adapun spesifikasi pompa yang diteliti ada pada lampiran 22.

2.3 Gate Valve (Katup Gate)

Katup *gate* adalah satu katup umum yang digunakan dalam sistem perpipaan yang menggunakan fluida cair. Katup ini, sesuai aturannya adalah sebagai katup isolasi digunakan untuk menghidupkan dan mematikan aliran. Katup *gate* seperti mempunyai suatu gerbang seperti cakram yang beroperasi pada suatu sudut kekanan terhadap arah aliran, misalnya jika mempunyai suatu *port* lurus yang menghasilkan erosi turbulensi minimum dan tahan aliran.

Katup *gate* biasanya membutuhkan operator manual untuk membuka katup secara penuh. Volume aliran melalui katup tidak secara langsung bergantung pada jumlah putaran *hand wheel*.





Gambar 2.1 *Gate Valve*

2.4 Karakteristik Pompa

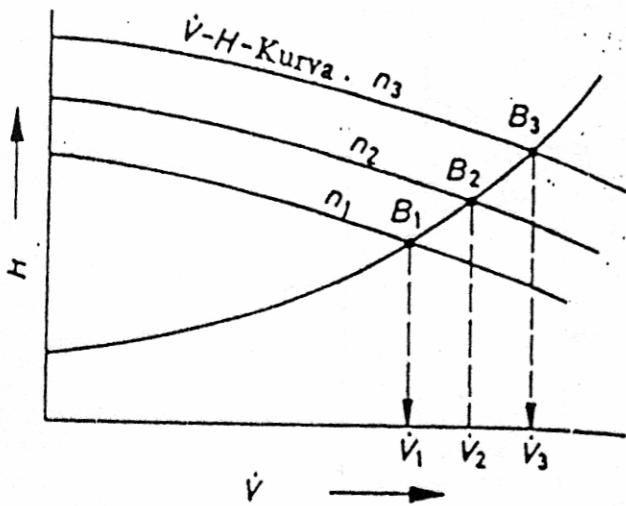
Karakteristik pompa merupakan hubungan antara *head* (H) dan kapasitas (Q) dalam operasi pompa. Karakteristik pompa, dalam hubungannya dengan karakteristik operasional pipa saluran dapat dipakai untuk mendapatkan kondisi yang paling tepat dalam memilih operasi pompa yang sesuai dengan *head*, kapasitas, efisiensi, daya dan putaran yang dibutuhkan. Ada tiga macam karakteristik pompa :

1. Karakteristik utama
2. Karakteristik kerja pompa

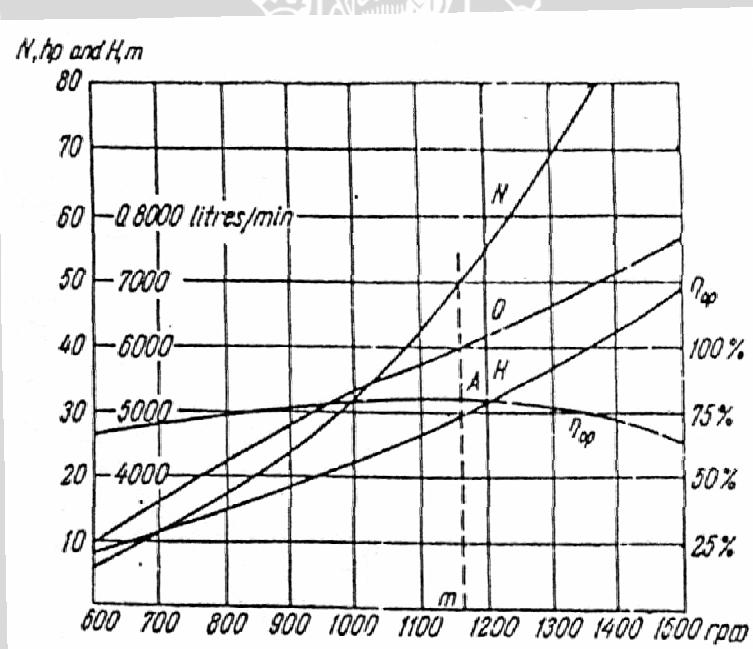
2.4.1 Karakteristik Utama

Karakteristik utama pompa menunjukkan hubungan antara *head* (H) dengan kapasitas (Q) untuk putaran pompa yang berubah-ubah. Jadi kurva H dan Q digambarkan kurva daya dan efisiensi pada berbagai macam putaran pompa. Tujuan

dari penggambaran karakteristik utama pompa ini adalah mencari putaran pompa yang menghasilkan efisiensi maksimum.



Gambar 2.2 Karakteristik untuk tiga putaran yang berbeda
(Dietzel, hal:316)



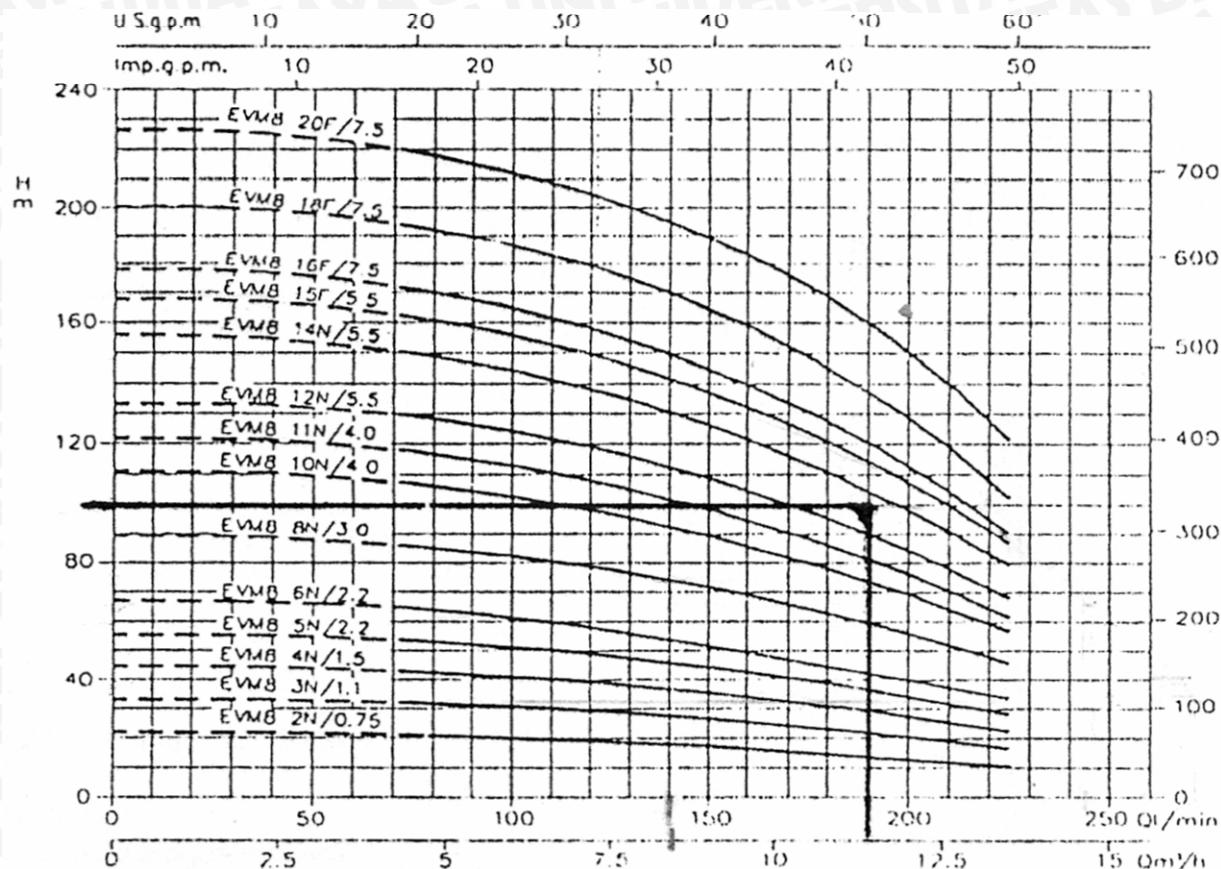
Gambar 2.3 Karakteristik utama untuk beberapa putaran yang berbeda
(Khetagurov, hal:264)

2.4.2 Karakteristik Kerja Pompa

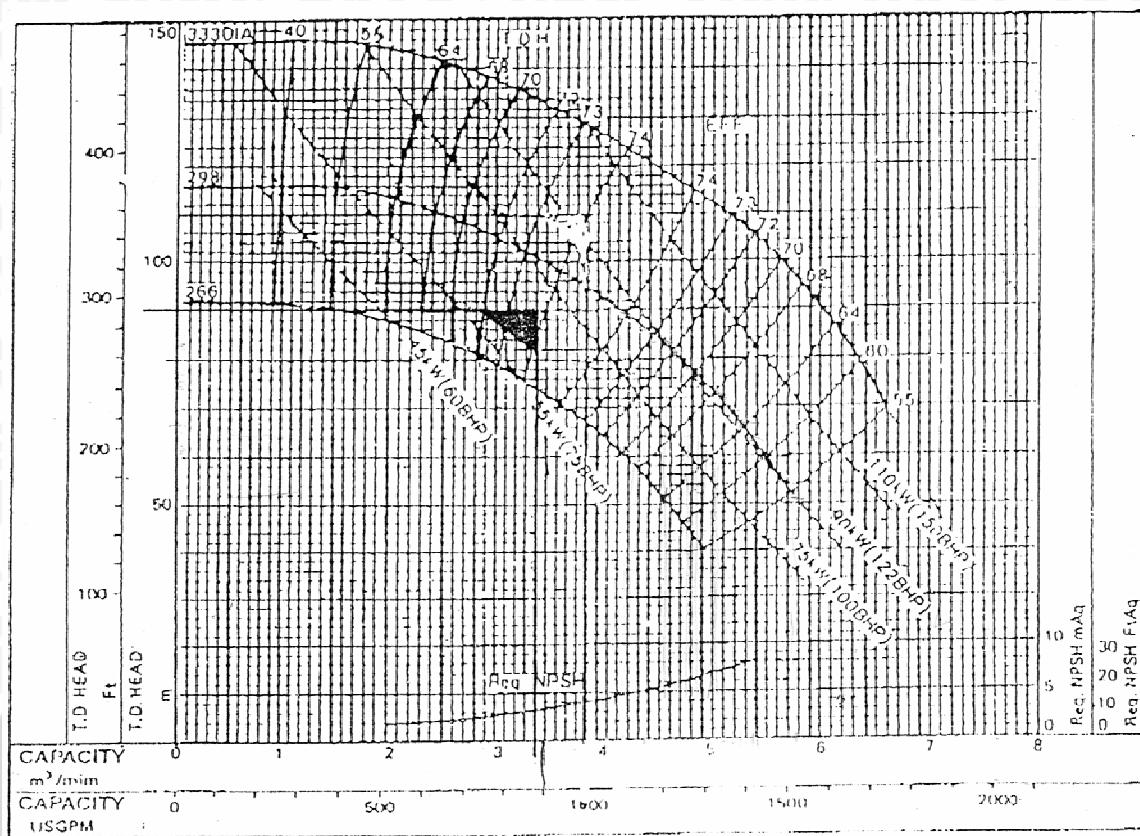
Karakteristik kerja merupakan karakteristik pompa yang menggambarkan kurva *head* (H) dan kapasitas (Q) untuk putaran *impeller* yang konstan. Disini kapasitas

pompa diatur dengan mengatur *discharge valve*. Gambar 2.4 dibawah ini menunjukkan kurva karakteristik pompa yang ada di Malang Town Square.

Berikut Grafik karakteristik *Jockey Pump, Electric Pump* dan *Diesel Pump* :



Gambar 2.4 Kurva karakteristik kerja *Jockey Pump*
(*Manual Book*)



Gambar 2.5 Kurva karakteristik kerja *Electric Pump* dan *Diesel Pump* (*Manual Book*)

2.5 Head Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah air, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.

Dengan menganggap aliran dalam pipa *incompressible*, maka dapat disusun perumusan yang menyangkut *head* total pompa.

$$\left(\frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{\bar{V}_1^2}{2g} + z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\gamma_2} + \frac{\bar{V}_2^2}{2g} + z_2 \right) = h_L \quad (\text{Munson; 1998: 491}) \quad (2-1)$$

Dimana :

h_L = *head loss total* [m]

p_1 = tekanan aliran fluida pada titik satu $[N/m^2]$

p_2 = tekanan aliran fluida pada titik dua $[N/m^2]$

γ_1 = berat jenis fluida pada titik satu [N/m³]

γ_2 = berat jenis fluida pada titik dua [N/m³]

z_1 = ketinggian titik satu [m]

z_2 = ketinggian titik dua [m]

\bar{V}_1 = Kecepatan rata-rata fluida pada titik satu [m/dt]

\bar{V}_2 = Kecepatan rata-rata fluida pada titik dua [m/dt]

Jadi Head Pompa adalah :

$$H_p = h_a + h_L \quad (2-2)$$

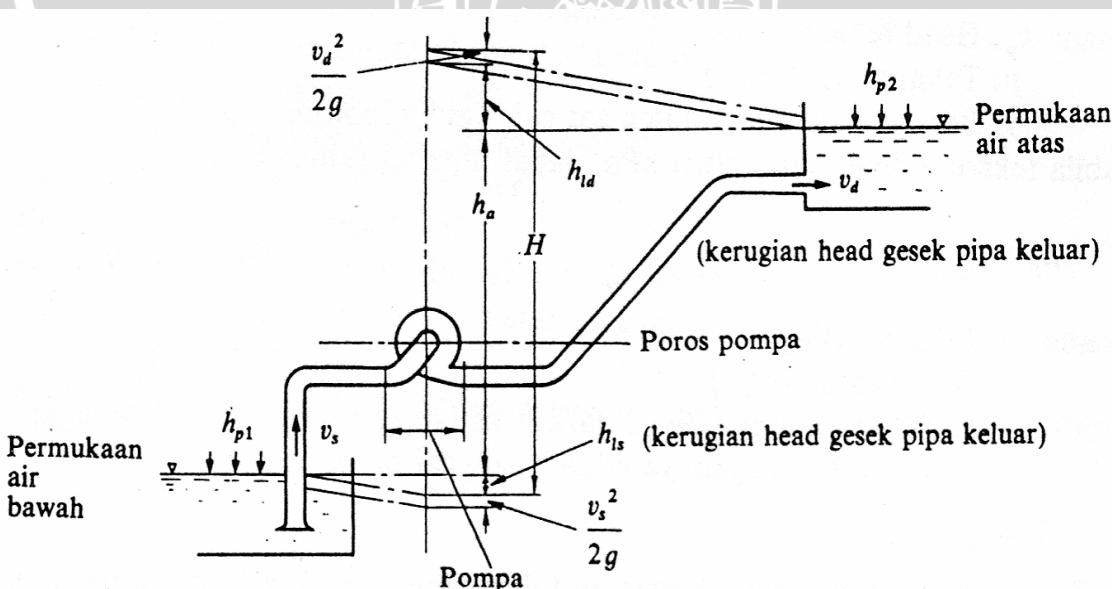
Dimana :

H_p = Head Pompa (m)

h_a = Head elevasi (m)

h_L = Head Losses total

Berikut contoh gambar head pompa pada suatu instalasi :



Gambar 2.6 Head pompa pada suatu instalasi
(Sularso, 1994 : hal:27)

2.6 Head Loss Instalasi Pipa

Head loss total adalah kehilangan energi yang disebabkan oleh gesekan cairan dengan dinding pipa yang mempunyai luasan penampang yang tetap, ditambah dengan kehilangan karena faktor-faktor perubahan aliran, misalnya pada *elbow*, *fitting*, *entrance*, dan *Tee*. *Head loss* dibagi menjadi dua, yaitu *head loss major* dan *head loss minor*.

2.6.1 Head Loss Major

Head loss major adalah kehilangan energi akibat adanya gesekan antara fluida dengan dinding yang berpenampang konstan. Kerugian ini dipengaruhi oleh kekasaran permukaan, jenis pipa yang digunakan, kecepatan aliran, jenis aliran (aliran laminar atau turbulen) dan panjang pipa itu sendiri. Jenis aliran ini mempengaruhi *head loss* akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa dan dibagi menjadi dua jenis aliran yaitu :

a. Aliran Laminer

Menurut referensi buku karangan Robert, W. Fox, besarnya *head loss major* jika alirannya laminer dapat dirumuskan :

$$h_l = 32 \frac{L}{D} \frac{\mu \bar{V}}{\rho D} = \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2} \left(64 \frac{\mu}{\rho \bar{V} D} \right) = \left(\frac{64}{Re} \right) \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 331}) \quad (2-3)$$

Dimana :

h_l = kerugian mayor aliran laminer (m)

Re = Reynold Number

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

\bar{V} = kecepatan aliran dalam pipa (m.det^{-1})



$$g = \text{percepatan gravitasi } (\text{m det}^{-2})$$

b. Aliran Turbulen

Menurut referensi buku karangan Robert, W.Fox, besarnya *head loss major* jika alirannya turbulen dapat dirumuskan :

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 332}) \quad (2-4)$$

Dimana :

$$f = \text{faktor gesekan}$$

2.6.2 Head Loss Minor

Head loss minor adalah kehilangan energi akibat adanya perubahan penampang saluran, *elbow, fitting* dan sebagainya. *Head loss minor* dirumuskan sebagai berikut :

$$h_{lm} = K \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 336}) \quad (2-5)$$

Dimana :

$$K = \text{Loss koefisien}$$

Harga koefisien K dapat dilihat dari tabel sesuai dengan jenis masing-masing aksesoris.

Bila dalam tabel diketahui panjang ekivalen (*Le/D*) maka ditulis :

$$H_{lm} = f \frac{Le}{D} \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 336}) \quad (2-6)$$

Dimana :

$$Le = \text{Panjang ekivalen (tabel, Raswari; hal. 426)}$$

$$f = \text{Faktor gesekan (Moody diagram, lampiran. 21)}$$



2.6.2.1 Kerugian Head Akibat Belokan Pipa

Bila pada pipa terdapat belokan, maka akan menyebabkan alirannya berubah mengikuti alur belokan. Akibat adanya belokan ini maka ada kerugian head yang besarnya adalah :

$$h_{lm} = K_L \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

(Fox, 1994 : 336) (2-7)

Dimana :

K_L = Loss koefisien

Nilai faktor kerugian ini besarnya bervariasi tergantung dari jenis belokan dan besarnya sudut belokan dan dapat dilihat dari tabel pada lampiran 19.

2.6.2.2 Kerugian Akibat Pembesaran Penampang

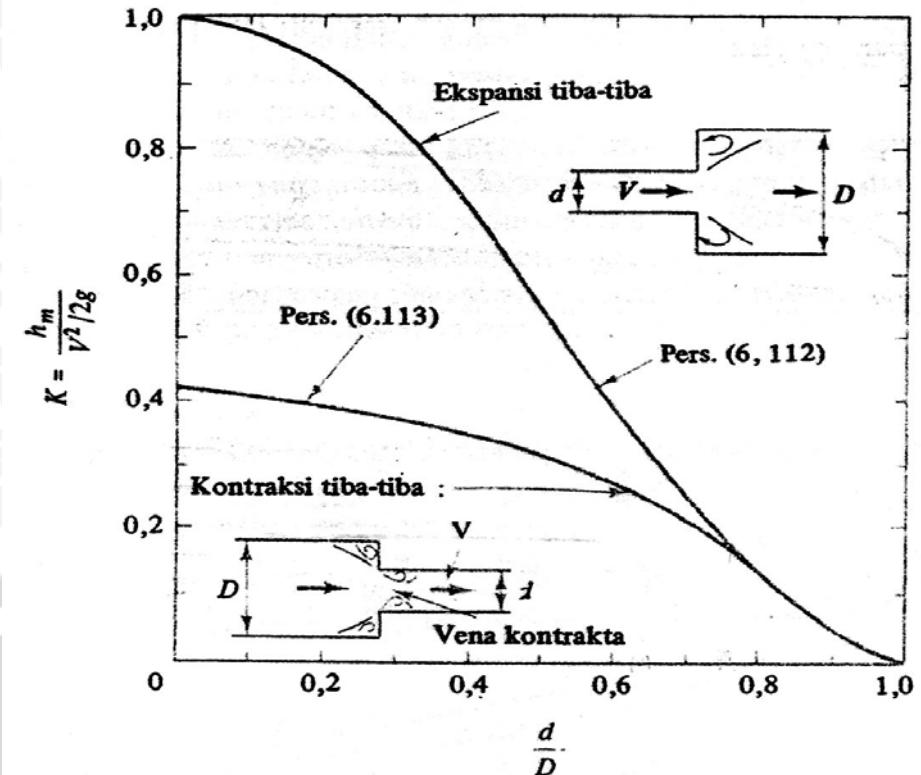
Kerugian yang disebabkan karena adanya pembesaran penampang yaitu perubahan luas penampang tiba-tiba bisa berbentuk penyempitan tiba-tiba (*sudden contraction*) dan pembesaran diameter pipa secara tiba-tiba (*sudden expansion*). Harga K pada perubahan luas penampang tiba-tiba merupakan fungsi perbandingan antara diameter penampang pipa pada titik satu dengan diameter penampang pipa pada titik dua (d / D). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_{lm} = K \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

(Fox, 1994 : 339) (2-8)

Besarnya nilai K dapat dilihat dari grafik dibawah :





Gambar 2.7 Nilai K akibat pembesaran dan pengecilan penampang
(White, 1999 hal : 372)

2.6.2.3 Kerugian Akibat Pengecilan Penampang

Apabila penampang suatu pipa mengalami pengecilan ukuran secara tiba-tiba. Faktor yang mempengaruhi harga K pada bentuk pipa ini adalah sama dengan pada waktu pembesaran secara tiba-tiba dirumuskan sebagai berikut :

$$h_{lm} = K \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 336}) \quad (2-9)$$

Harga K dapat dilihat dari gambar 2.7.

2.6.2.4 Kerugian Head Pada Katup (Valve)

Kerugian *head* pada katup ini sangat bergantung pada besarnya bukaan katup. Harga faktor kerugiannya dapat dilihat pada tabel lampiran. Sedangkan rumus matematis kerugian ini adalah :



$$h_{lm} = K_L \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 336}) \quad (2-10)$$

Harga K_L dapat dilihat dari tabel pada lampiran 19.

2.6.2.5 Head Loss Pada Pipa Bercabang (Tee)

Pipa bercabang terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan tidak kembali bertemu pada arah hilirnya. Cara penyelesaian pada kasus-kasus pipa bercabang sama dengan perhitungan *head loss* minor yang lain yaitu :

$$h_{lm} = K \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (\text{Fox, 1994 : 336}) \quad (2-11)$$

Untuk nilai K didapat dari tabel pada lampiran 19.

2.7 Net Positive Suction Head (NPSH)

Pemasangan pompa harus diusahakan sedemikian rupa agar dapat dicegah terjadinya kavitas. Kavitas akan terjadi bila tekanan statis suatu aliran zat cair turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Sehingga untuk menghindari terjadinya kavitas, harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran didalam pipa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan uap jenuh cairan pada temperatur setempat.

Berhubungan dengan hal tersebut diatas, dapat dikatakan NPSH (*Net Positive Suction Head*) sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitas. Ada dua macam NPSH, yaitu NPSH tersedia pada sistem (instalasi) dan NPSH diperlukan oleh pompa.



2.7.1 NPSH tersedia

Dari persamaan (2-12) dapat dilihat bahwa NPSH tersedia merupakan tekanan statis sisi isap pompa dikurangi tekanan penguapan. Besarnya hanya tergantung pada posisi pompa terhadap permukaan air yang dipompakan (tinggi isap). Tinggi isap (h_s) diukur dari permukaan zat cair sampai sumbu poros pompa (untuk pompa dengan poros mendatar)

NPSH yang tersedia dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{NPSH tersedia} = \frac{P_{ia}}{\rho \cdot g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - h_{ls} - z_i \quad (\text{White, 1999 : 722}) \quad (2-12)$$

Dimana :

$NPSH$ tersedia	= $NPSH$ tersedia (m)
P_a	= tekanan atmosfir ($N.m^{-2}$)
P_v	= Tekanan Penguapan dari zat cair ($N.m^{-2}$)
g	= percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m det}^{-2}$)
ρ	= rapat massa zat cair ($kg \text{ m}^{-3}$)
Z_i	= tinggi permukaan air dalam tangki ke pompa (m)
H_{ls}	= <i>head loss</i> (m)

2.7.2 NPSH diperlukan

NPSH diperlukan biasanya terdapat pada grafik karakteristik pompa yang dikeluarkan oleh pabrik pompa. Dalam suatu instalasi pemadam NPSH tersedia harus lebih besar dari NPSH diperlukan, hal ini untuk mengurangi kavitas yang terjadi didalam pipa isap.

2.8 Kavitası

Dalam mengopersikan pompa secara normal harus diperhatikan adanya suatu aturan, yaitu suatu batasan yang harus diterapkan pada sisi isap pompa agar terhindar dari terjadinya kavitası. Kavitası yang terjadi pada pompa selalu diikuti dengan munculnya berbagai gangguan dan kerusakan pada pompa yang dioperasikan tersebut. Terjadinya kavitası diakibatkan adanya penurunan tekanan sisi isap hingga mencapai tekanan yang lebih rendah dari tekanan penguapan saturasi dari fluida yang dipompakan.

Kavitası pada pompa akan memberi pengaruh :

- Menurunkan kapasitas aliran, karena adanya gelembung uap.
- Menurunkan efisiensi pompa, karena energi terserap gelembung uap.
- Terjadi erosi dan keausan pada permukaan impeller bagian sisi keluar, punggung sudu impeller.
- Munculnya suara bising diikuti dengan terjadinya getaran.

Pencegahan terjadinya kavitası adalah sebagai berikut :

- Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang diisap harus dibuat serendah mungkin agar tinggi isap menjadi rendah pula.
- Pipa isap harus dibuat sependek mungkin. Jika terpaksa memakai pipa isap yang panjang, sebaiknya diambil pipa yang berdiameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.

2.9 Kapasitas

Kapasitas suatu pompa adalah besarnya jumlah fluida yang dipindahkan oleh pompa per satuan waktu. Secara rumus metematis dapat disajikan sebagai berikut :

$$Q = A \cdot V \quad (\text{Fritz Dietzel, 1990 : 3}) \quad (2-13)$$

Dimana :

Q = kapasitas (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan alir fluida (m/det)

2.10 Daya Pompa

Daya pemompaan BHP adalah daya dari suatu pompa sentrifugal yang bisa digunakan dan dipindahkan ke fluida. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{BHP} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} \quad (\text{Fritz Dietzel, 1990 : 243}) \quad (2-14)$$

Dimana :

BHP = daya pemompaan (watt)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

H = head total instalasi (m)

Q = kapasitas fluida (m^3/det)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

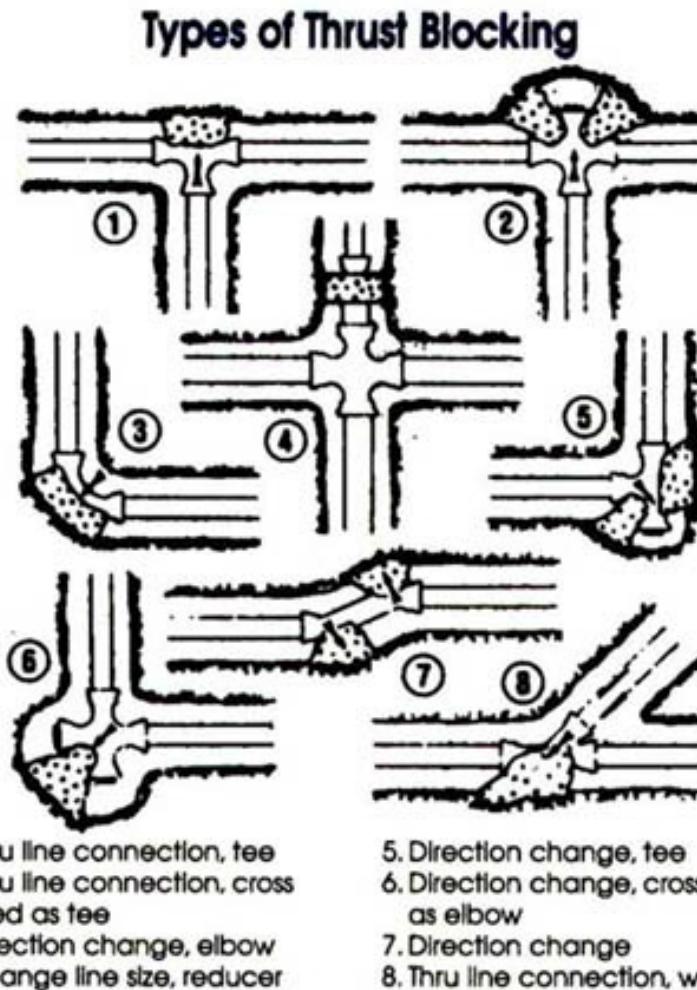
η_p = efisiensi pompa

2.11 Thrust Block

Jika saluran pipa berakhir, bertukar arah atau berganti diameter, maka pada bagian tersebut terjadi beban hidrolik yang tidak seimbang. Gaya ini harus ditahan



sebuah *thrust block* untuk menjaga agar bagian akhir suatu jalur pipa (*fitting*) tidak bergerak (bergeser). *Thrust block* ini akan menahan gaya yang terjadi untuk mempertahankan posisi (*fitting*). Pemasangan *thrust block* harus memperhatikan besar gaya yang terjadi pada *fitting*.



Gambar 2.8 Macam-macam aplikasi sambungan pada *Thrust Block*
(NPP © Copyright 2000 Northern Pipe. All rights reserved)

Macam-macam gaya yang terjadi pada setiap sambungan (*fitting*) :

2.11.1 Tumpuan belokan

Tumpuan untuk belokan selain harus dapat menahan gaya berat pipa dan isinya juga harus dapat menahan gaya yang berasal dari perubahan momentum aliran fluida

yang membelok, maka gaya T yang timbul ada 2 yaitu akibat tekanan statik dan akibat tekanan dinamik dapat ditentukan dengan rumus :

$$T = 2 P A \sin (\theta / 2) \text{ (Untuk Tekanan Statik)} \quad (\text{Dipra, 2002 : 13}) \quad (2-15)$$

$$T = m \cdot V \sin (\theta / 2) \text{ (Untuk Tekanan Dinamik)}$$

Dimana :

T = resultan gaya dorong (lbs)

P = tekanan (Psi)

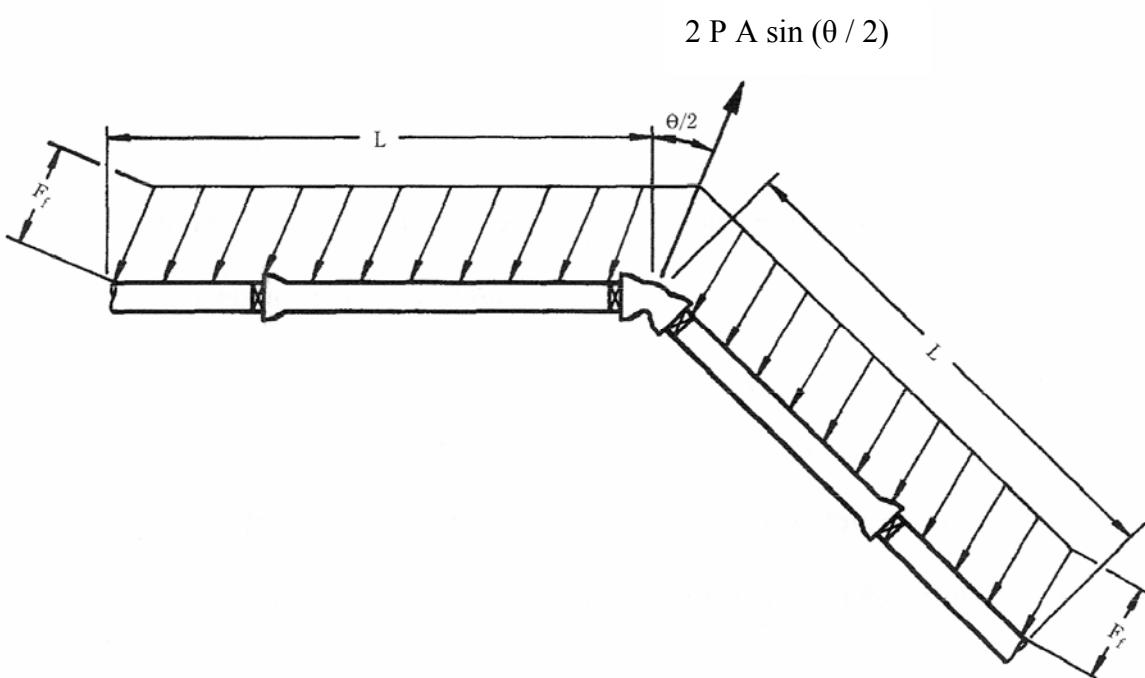
A = luas irisan melintang pada pipa (in^2)

m = massa (N)

V = kecepatan (in/s)

θ = sudut bengkok

Seperti terlihat pada gambar dibawah :



Gambar 2.9 Gaya *Thrust* pada belokan
(Dipra, 2002 : 13)

2.11.2 Tumpuan Tee

Pada Tumpuan Tee ada 2 macam gaya akibat dari tekanan statik dan akibat dari tekanan dinamik. Dihitung dengan rumus :

$$T = P \cdot A_b \quad (\text{Untuk Tekanan Statik}) \quad (\text{Dipra, 2002 : 4}) \quad (2-16)$$

$$T = m \cdot V \quad (\text{Untuk Tekanan Dinamik})$$

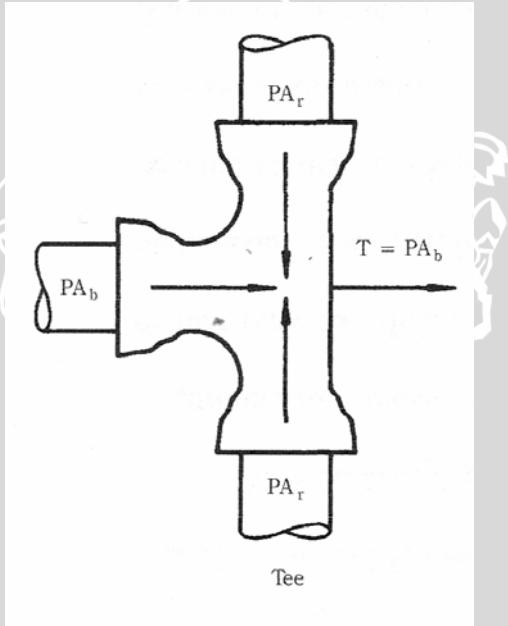
Dimana :

A_b = luas irisan melintang pada pipa (in^2)

m = massa (N)

V = kecepatan (in/s)

Seperti yang terlihat pada gambar di bawah :



Gambar 2.10 Gaya Thrust pada Tee
(Dipra, 2002 : 4)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam skripsi ini digunakan metode sebagai berikut :

1. Studi literatur, mengumpulkan berbagai buku dan referensi dari internet mengenai sistem perpipaan, karakteristik pompa, *losses* yang terjadi di suatu pipa, gaya-gaya yang terjadi pada *thrust block* dan mekanika fluida.
2. Pengumpulan data, seluruh data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Malang *Town Square*, meliputi :
 - a. Layout instalasi pemipaan pemadam kebakaran di gedung Malang *Town Square*.
 - b. Data pompa pemadam kebakaran yang digunakan
 - Kapasitas pompa
 - Total *head*
 - Daya motor pompa
 - Tekanan kerja pompa
 - Efisiensi minimum
 - c. Data dimensi pipa pemadam kebakaran yang digunakan
 - Material pipa.
 - Panjang pipa.
 - Diameter pipa.
 - d. Jenis katup dan alat penyambung



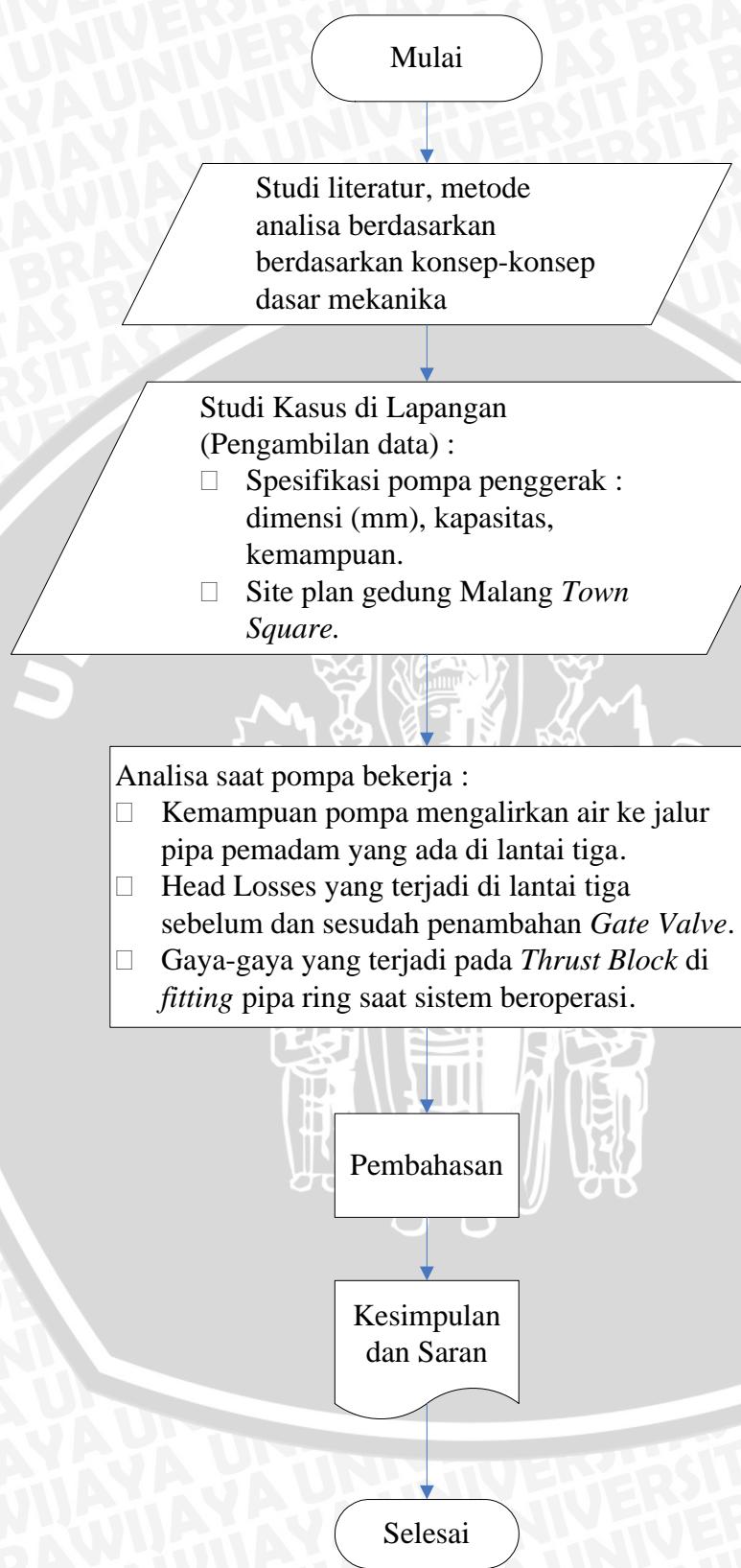
3. Penelaahan dari berbagai buku dan referensi yang ada serta melakukan wawancara pada kepala *Engineering Malang Town Square*.
4. Perhitungan dalam hubungannya dengan *losses-losses* yang terjadi sebelum dan setelah adanya *Gate Valve* pada jalur pipa sebelum masuk *sprinkler* pada lantai tiga, tekanan, debit pompa, NPSH dan perhitungan gaya-gaya yang ada pada *fitting* pipa ring (*thrust block*).
5. Pembahasan pada *losses-losses* yang terjadi, tekanan, debit pompa, NPSH dan gaya-gaya yang ada pada *fitting* pipa (*thrust block*)
6. Membuat kesimpulan dari hasil analisa.

3.2 Obyek Analisa

Obyek analisa pada skripsi ini adalah *head losses* sebelum dan sesudah adanya *Gate Valve*, tekanan dan debit yang terjadi pada jalur perpipaan yang ada pada lantai tiga. Juga dilakukan perhitungan pada gaya yang terjadi pada waktu sistem beroperasi.



3.3 Diagram Alir Penggerjaan



BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Head Losses

Data yang diperoleh dari Malang Town Square, diolah untuk digunakan sebagai bahan analisa permasalahan dan selanjutnya hasil perhitungan dilakukan pembahasan.

Parameter-parameter lain yang digunakan dalam perhitungan selain spesifikasi dari masing-masing pompa adalah sebagai berikut :

- Temperatur fluida (air) : 20°C
- Kondisi level air di *Ground Tank* : 4,5 (m)
- Debit pada masing-masing pompa:
 - *Jockey Pump* : 5,678 (l/s)
 - *Electric Pump* : 78,8 (l/s)
 - *Diesel Pump* : 78,8 (l/s)
- Jumlah *Thrust Block* : 8 buah

Dasar dari perhitungan *Head Losses* didasarkan pada gambar instalasi pemipaan pemadam kebakaran di lantai 3. Berikut diambil contoh gambar instalasi *Upper Ground Floor* di lantai 3.



Keterangan : ● : Titik pertama sprinkler pecah

Gambar.4.1 Layout *Upper Ground Floor* di lantai 3

Jadi dari gambar diatas maka dilakukan perhitungan sebelum dan sesudah penambahan *gate valve* berdasarkan sebaran *sprinkler* yang pecah, dan diambil contoh pada *shaft 1*.

4.2 Perhitungan Head Loss Sebelum Penambahan Gate Valve

➤ Major Losses

- $\varepsilon = 0,00015m$ (table 6.1 White, 1999 : 349)
- $D = 0,150 \text{ m}$
- $L = 1,2 \text{ m}$
- $Q = 0,000584 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = Q / A$

$$= \frac{0,000584}{(1/4) \cdot 3,14 \cdot 0,150^2}$$

$$= 0,033064 \text{ m} / \text{s}$$

- $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015}{0,150} = 0,001$

- $\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0,033064 \cdot 0,150}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 4942$

- Berdasarkan hubungan *Reynold number* dan perbandingan (ε/D) pada diagram *Moudy* didapatkan $f = 0,04$.

- $$h_f = \frac{V^2}{2 \cdot g} \left(f \frac{L}{D} \right) = \frac{0,033064^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,04 \frac{1,2}{0,150} \right) = 1,784 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

- $$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot h_{m.tot} \\ &= 998 \cdot 9,81 \cdot 1,784 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-5} \\ &= 1,746 \cdot 10^{-6} \text{ bar} \end{aligned}$$

Nilai *major losses* tersebut didasarkan pada panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan air mengalir dalam pipa yang berbeda sepanjang aliran pipa yang ada pada *shaft 1*. Untuk mengetahui nilai *major losses* dari jumlah *sprinkler* yang pecah dapat dilihat pada tabel 4.1.

➤ Minor Losses

❖ Belokan

- $D = 0,150 \text{ m}$

- $K = 0,29$

- $Q = 0,000584 \text{ m}^3/\text{s}$ (1 *Sprinkler*)

- $V = Q / A$



$$= \frac{0,000584}{(1/4) \cdot 3,14 \cdot 0,150^2}$$

$$= 0,033064 \text{ m/s}$$

$$\bullet h_{mbelok} = K \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,29 \cdot \frac{0,033064^2}{2 \cdot 9,81} = 1,615 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

❖ Diffuser

- $D = 0,150 \text{ m}$
- $d = 0,100 \text{ m}$
- $d/D = 0,6$
- $K = 0,175$
- $Q = 0,000584 \text{ m}^3/\text{s}$ (1 Sprinkler)
- $V = Q/A$

$$= \frac{0,000584}{(1/4) \cdot 3,14 \cdot 0,150^2}$$

$$= 0,033064 \text{ m/s}$$

$$\bullet h_{m \text{ diffuser}} = K \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,175 \cdot \frac{0,033064^2}{2 \cdot 9,81} = 9,751 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

❖ Sambungan Tee

- $D = 0,150 \text{ m}$
- $K = 0,13$
- $Q = 0,000584 \text{ m}^3/\text{s}$ (1 Sprinkler)
- $V = Q/A$

$$= \frac{0,000584}{(1/4) \cdot 3,14 \cdot 0,150^2}$$

$$= 0,033064 \text{ m/s}$$

$$\bullet h_{m \text{ tee}} = K \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,13 \cdot \frac{0,033064^2}{2 \cdot 9,81} = 7,243 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

❖ *Minor losses total*

- $H_m \text{ total} = h_m \text{ belok} + h_m \text{ diffuser} + h_m \text{ tee}$

$$= 1,615 \cdot 10^{-5} + 9,751 \cdot 10^{-6} + 7,243 \cdot 10^{-6}$$

$$= 3,314 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

- $P = \rho \cdot g \cdot h_{m,tot}$

$$= 998 \cdot 9,81 \cdot 3,314 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-5}$$

$$= 3,244 \cdot 10^{-6} \text{ bar}$$

Jadi *Head loss* total pada 1 *sprinkler* adalah :

Head loss = *major losses* + *minor losses*

$$= 1,784 \cdot 10^{-5} + 3,314 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$= 5,098 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Nilai *minor losses* tersebut didasarkan pada diameter pipa, kecepatan air mengalir dalam pipa serta banyaknya belokan, diffuser dan *tee* yang berbeda sepanjang aliran pipa yang ada pada shaft 1. Untuk mengetahui nilai *minor losses* dari jumlah *sprinkler* yang pecah dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.3 Perhitungan *Head Loss* Setelah Penambahan *Gate Valve*

➤ *Major Losses*

Untuk nilai *major losses* tidak mengalami perubahan, karena nilai *major losses* didasarkan pada panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan air mengalir terhadap gesekan fluida yang mengalir di dalam pipa.



➤ Minor Losses

Untuk nilai *minor losses* pada belokan, *diffusser* dan tee tidak mengalami perubahan, hanya penambahan nilai *minor losses* pada katup setelah pipa *shaft* dan sebelum menuju ke tiap-tiap area. Berikut nilai *minor losses* pada katup :

❖ Katup

- $D = 0,150 \text{ m}$
- $K = 0,12$
- $Q = 0,000584 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = Q / A$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,000584}{(1/4) \cdot 3,14 \cdot 0,150^2} \\ &= 0,033064 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\bullet h_{m \text{ katup}} = K \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,12 \cdot \frac{0,033064^2}{2 \cdot 9,81} = 6,686 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

❖ Minor losses total

$$\begin{aligned} \bullet H_{m \text{ total}} &= h_{m \text{ belok}} + h_{m \text{ diffuser}} + h_{m \text{ tee}} + h_{m \text{ katup}} \\ &= 1,615 \cdot 10^{-5} + 9,751 \cdot 10^{-6} + 7,243 \cdot 10^{-6} + 6,686 \cdot 10^{-6} \\ &= 3,982 \cdot 10^{-5} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet P &= \rho \cdot g \cdot h_{m \text{ tot}} \\ &= 998 \cdot 9,81 \cdot 3,982 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-5} \\ &= 3,898 \cdot 10^{-6} \text{ bar} \end{aligned}$$

Jadi *Head loss* total untuk *sprinkler* yang pecah adalah :

Head loss = *major losses* + *minor losses*

$$\begin{aligned} &= 1,784 \cdot 10^{-5} + 3,90 \cdot 10^{-5} \text{ m} \\ &= 5,684 \cdot 10^{-5} \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai penambahan *gate valve* ditulis secara total *head loss* pada tabel 4.2.

Head loss minor lebih besar dari *head loss major* karena pada *head loss minor* terjadi pemisahan aliran air akibat perubahan penampang. Aliran yang terpisah ini akan menimbulkan pusaran aliran air. Pusaran aliran ini menyebabkan adanya tekanan balik (*back pressure*). Tekanan balik inilah yang menyebabkan *head loss minor* menjadi besar. Namun ada beberapa *shaft* dimana *head loss major* lebih besar dari *head loss minor*, hal tersebut tergantung dari instalasi penempatan sprinkler pipa pemadam

Untuk mengurangi kerugian tekanan pada aliran, dapat dilakukan dengan cara meninjau kembali konstruksi instalasi pipa. Misalnya dengan penyederhanaan instalasi pipa dengan mengurangi belokan ekspansi yang tidak perlu, pengurangan panjang pipa, pembesaran diameter pipa dan pemilihan pipa yang lebih halus.

Semakin besar diameter pipa maka semakin kecil *head loss* yang terjadi karena dengan laju masa yang sama, maka diameter pipa yang lebih besar akan memiliki kecepatan air yang lebih kecil, dan yang paling berpengaruh terhadap besarnya *head loss* adalah kecepatan air. Dengan pemilihan pipa yang lebih halus diharapkan *head loss major* yang terjadi akan lebih kecil. Dengan dinding pipa yang lebih halus, maka tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa akibat aliran air akan menjadi lebih kecil sehingga *head loss major* yang terjadi menjadi lebih kecil.

Berikut tabel nilai dari major losses, minor losses dan *head loss total* sebelum penambahan *gate valve*.

Tabel 4.1 Tabel jumlah *sprinkler*, *major losses*, *minor losses*, *head loss total* dan tekanan.

Shaft	Jumlah <i>Sprinkler</i>	Head Losses		Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)
		Mayor	Minor		
I	1	0.2817	0.5633	0.8449792	0.082727
	3	3.8392	7.6785	11.517735	1.12763
	5	6.5806	13.161	19.74166	1.932784
	7	7.9474	15.895	23.842108	2.334233
	9	9.6349	19.27	28.904744	2.829884
	10	9.8561	19.712	29.56842	2.894861
	13	10.551	21.103	31.653844	3.099032
	19	10.582	21.164	31.746099	3.108064
	25	11.235	22.47	33.704339	3.299783
	28	11.554	23.108	34.661991	3.393541
	37	11.886	23.772	35.658518	3.491104
	44	12.559	25.118	37.676945	3.688716
	49	12.602	25.203	37.804829	3.701236
	77	12.934	25.867	38.800808	3.798747
	92	13.267	26.534	39.800794	3.896649
	105	13.279	26.558	39.836288	3.900124

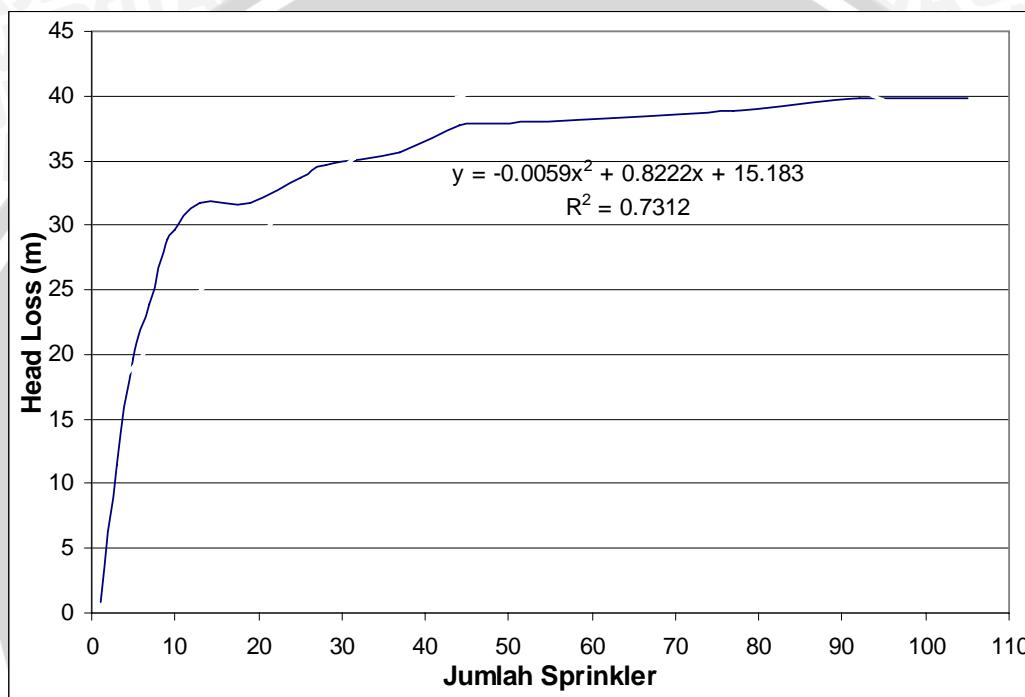
Berikut tabel nilai dari head loss total sebelum dan setelah penambahan *gate valve* serta selisih setelah ada penambahan.

Tabel 4.2 Tabel jumlah *sprinkler*, head loss total sebelum dan setelah penambahan *gate valve*.

Shaft	Jumlah <i>Sprinkler</i>	Head Loss Total (m)		Selisih Losses (m)
		Sebelum	Setelah	
I	1	0.843724	0.844979	0.0012548
	3	11.51526	11.51774	0.0024755
	5	19.73604	19.74166	0.0056246
	7	23.83485	23.84211	0.0072548
	9	28.89549	28.90474	0.0092548
	10	29.554	29.56842	0.0144186
	13	31.63739	31.65384	0.0164574
	19	31.73355	31.7461	0.0125485
	25	33.67648	33.70434	0.0278554
	28	34.61746	34.66199	0.0445348
	37	35.58873	35.65852	0.0697854
	44	37.59647	37.67695	0.0804785
	49	37.71357	37.80483	0.0912548
	77	38.68056	38.80081	0.1202455
	92	39.63604	39.80079	0.1647548
	105	39.66039	39.83629	0.1758945

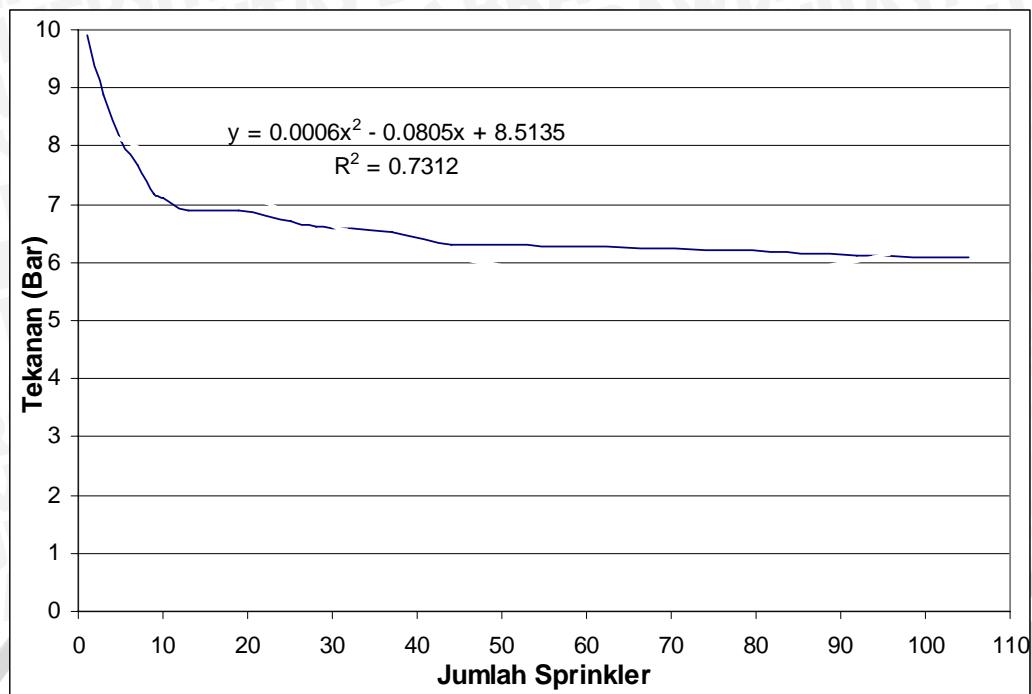
Dari tabel perhitungan didapatkan bahwa *head loss* total yang terjadi sebelum penambahan *Gate Valve* pada lantai III *Upper Ground Floor Shaft 1* pada 105 *sprinkler* yang pecah sebesar 161,65132 (m) dan setelah penambahan *Gate Valve* pada lantai III *Upper Ground Floor Shaft 1* pada 105 *sprinkler* yang pecah sebesar 161,8265 (m). Jadi selisih dari sebelum dan setelah penambahan *Gate Valve* yaitu sebesar 0,1751575 (m).

Berikut adalah penyajian grafik dari tabel diatas :



Gambar.4.2 Grafik Hubungan antara *Head Loss* dengan Jumlah *Sprinkler*

Dari gambar grafik 4.2 *Head loss* semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah *sprinkler*. Karena jumlah *sprinkler* yang semakin banyak maka nilai *major losses* dan *minor losses* akan semakin besar. Dimana *major losses* dipengaruhi oleh panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan air mengalir dalam pipa. Sedangkan *minor losses* dipengaruhi oleh kecepatan air mengalir dalam pipa dan banyaknya belokan, tee, difusser dan katup.



Gambar.4.3 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Jumlah *Sprinkler*

Dari gambar grafik 4.3 diatas semakin turun tekanan maka semakin banyak jumlah sprinkler yang pecah, karena fluida yang dialirkan oleh pompa akan menekan fluida didalam pipa.

4.4 Analisa Kemampuan Masing-Masing Pompa

Di dalam memenuhi kebutuhan air dengan memanfaatkan tekanan pada suatu instalasi penyuplai air digunakanlah pompa. Karena tekanan kerja pada masing-masing pompa berbeda, maka jenis pompa yang dipakai ada 3 macam antara lain:

4.4.1 *Jockey Pump*

Jockey pump akan mulai beroperasi pada tekanan 8 bar dan berhenti beroperasi pada tekanan 10 bar pada kondisi maksimum dan pada tekanan 7 bar pada kondisi minimum. Ketika pompa mulai beroperasi pada tekanan 8,0 bar diketahui jumlah *sprinkler* yang pecah yaitu 9 *sprinkler* dan saat tekanan semakin menurun hingga sebelum mencapai 7 bar jumlah *sprinkler* yang pecah bertambah hingga 10 *sprinkler*.

Debit yang dihasilkan *sprinkler* pada saat 8 bar dihitung dari persamaan dibawah :

Saat tekanan 10 bar, debit 1 *sprinkler* adalah $0,000584 \text{ m}^3/\text{det}$

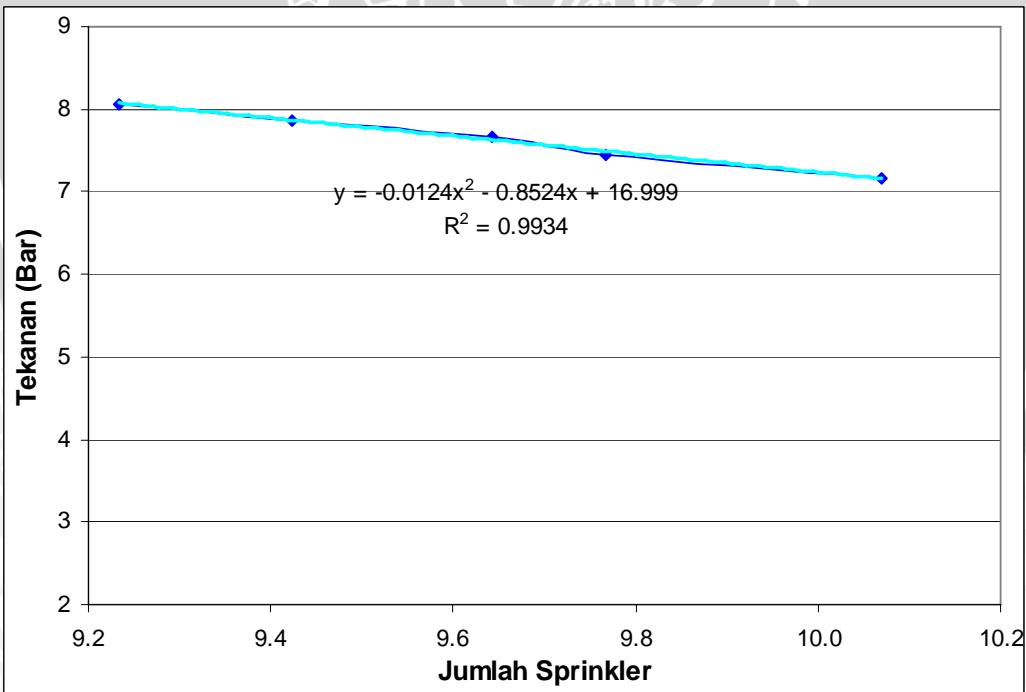
Sehingga pada tekanan 8 bar debit 1 *sprinkler* adalah

$$\text{Debit 1 } \textit{sprinkler} = \frac{8.0,000584}{10} = 0,000467 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.3 Tabel penurunan tekanan saat *Jockey Pump* beroperasi, debit pompa, debit *sprinkler* dan jumlah *sprinkler* yang pecah.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m ³ /s)	Jumlah Sprinkler
	(Liter/min)	(m ³ /s)		
8.067216468	261	0.00435	0.000471125	9.2332097
7.873385839	260	0.004333	0.000459806	9.42426991
7.665767027	259	0.004317	0.000447681	9.64228692
7.450850576	255	0.00425	0.00043513	9.76720334
7.170115729	253	0.004217	0.000418735	10.0700183
6.900968388	249	0.00415	0.000403017	10.2973438

Jadi kemampuan *Jockey Pump* saat beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.4 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Jumlah *Sprinkler* pada *Jockey Pump*

4.4.2 Electric Pump

Electric pump akan mulai beroperasi pada tekanan 7 bar dan berhenti beroperasi pada tekanan 8 bar pada kondisi maksimum dan pada tekanan 6 bar pada kondisi minimum. Ketika pompa mulai beroperasi pada tekanan 7 bar diketahui jumlah *sprinkler* yang pecah yaitu 218 *sprinkler* dan saat tekanan semakin menurun hingga sebelum mencapai 6 bar jumlah *sprinkler* yang pecah bertambah hingga 242 *sprinkler*.

Debit yang dihasilkan *sprinkler* pada saat 7 bar dihitung dari persamaan dibawah :

Saat tekanan 10 bar, debit 1 *sprinkler* adalah $0,000584 \text{ m}^3/\text{det}$

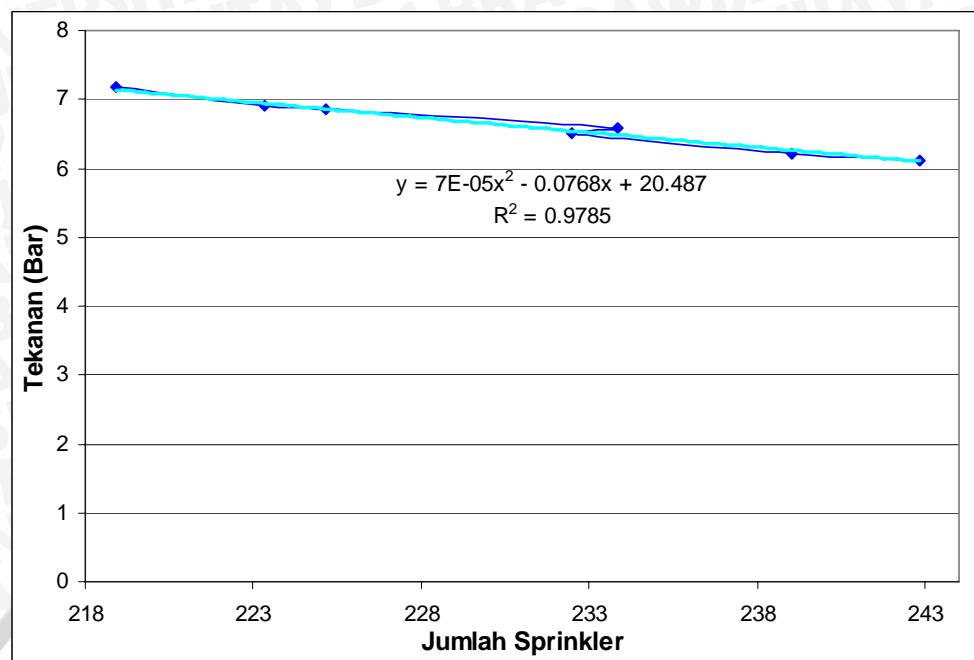
Sehingga pada tekanan 8 bar debit 1 *sprinkler* adalah

$$\text{Debit 1 } \textit{sprinkler} = \frac{7.0.000584}{10} = 0,000418735 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.4 Tabel penurunan tekanan *Electric Pump* saat beroperasi, debit pompa, debit *sprinkler* dan jumlah *sprinkler* yang pecah.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah <i>Sprinkler</i>
	(m3/min)	(m3/s)		
7.170115729	5.5	0.0917	0.000418735	218.91344
6.900968388	5.4	0.09	0.000403017	223.31589
6.844919363	5.4	0.09	0.000399743	225.14449
6.590021709	5.4	0.09	0.000384857	233.85293
6.506459347	5.3	0.0883	0.000379977	232.47007
6.208895629	5.2	0.0867	0.0003626	239.01485
6.111283876	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249

Jadi kemampuan *ElectricPump* saat beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.5 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Jumlah *Sprinkler* pada *Electric Pump*

4.4.3 Diesel Pump

Diesel pump akan mulai beroperasi pada tekanan 6 bar dan berhenti beroperasi dengan dimatikan secara manual. Ketika pompa mulai beroperasi pada tekanan 6 bar diketahui jumlah *sprinkler* yang pecah yaitu 242 *sprinkler* dan saat tekanan semakin menurun hingga sebelum mencapai 3 bar jumlah *sprinkler* yang pecah bertambah hingga 322 *sprinkler*.

Debit yang dihasilkan *sprinkler* pada saat 6 bar dihitung dari persamaan dibawah :

Saat tekanan 10 bar, debit 1 *sprinkler* adalah $0,000584 \text{ m}^3/\text{det}$

Sehingga pada tekanan 6 bar debit 1 *sprinkler* adalah

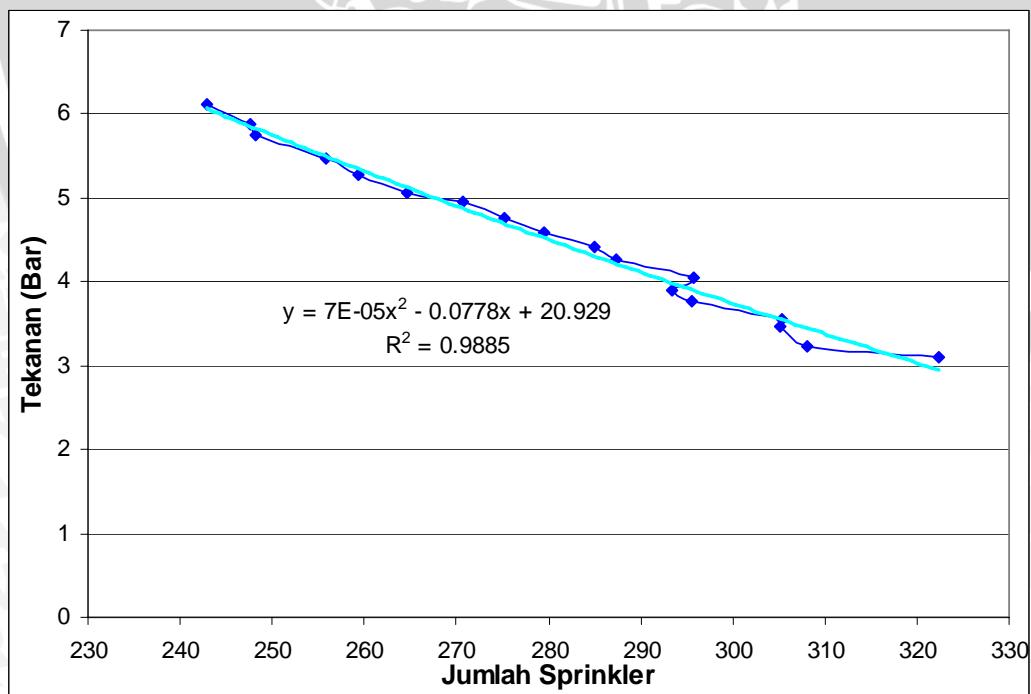
$$\text{Debit 1 } \textit{sprinkler} = \frac{6.0,000584}{10} = 0,000356899 \text{ m}^3/\text{det}$$



Tabel 4.5 Tabel penurunan tekanan *Diesel pump* saat beroperasi, debit pompa, debit *sprinkler* dan jumlah *sprinkler* yang pecah.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler
	(m3/min)	(m3/s)		
6.111283876	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249
5.878678839	5.1	0.085	0.000343315	247.58615
5.746991803	5	0.0833	0.000335624	248.29349
5.46473482	4.9	0.0817	0.000319141	255.89564
5.282264554	4.8	0.08	0.000308484	259.33253
5.069791965	4.7	0.0783	0.000296076	264.57184
4.954551458	4.7	0.0783	0.000289346	270.72566
4.770577196	4.6	0.0767	0.000278602	275.18376
4.593375665	4.5	0.075	0.000268253	279.58666
4.406781361	4.4	0.0733	0.000257356	284.94896
4.271265858	4.3	0.0717	0.000249442	287.30802
4.051765147	4.2	0.07	0.000236623	295.82912
3.891561634	4	0.0667	0.000227267	293.34047
3.765199144	3.9	0.065	0.000219888	295.60553
3.55142905	3.8	0.0633	0.000207403	305.36296
3.45967586	3.7	0.0617	0.000202045	305.21243
3.241318861	3.5	0.0583	0.000189293	308.1642
3.09880216	3.5	0.0583	0.00018097	322.33695

Jadi kemampuan *ElectricPump* saat beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.6 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Jumlah *Sprinkler* pada *Diesel Pump*

4.5 Net Positive Suction Head (NPSH) Tersedia

Perhitungan NPSH dihitung pada masing-masing pompa mulai dari *Jockey Pump*, *Electric Pump* dan *Diesel Pump*. Pada ruang pompa, posisi pompa berada diatas *reservoir* air yang di pompa. Sehingga berapa besar NPSH yang tersedia pada masing-masing pompa jika beropersi :

Jika diketahui parameter dari data yang diperoleh :

$$P_a = \text{tekanan masuk pompa} = \text{tekanan atmosfer} = 1.10^5 \text{ (Pa)}$$

$$P_v = \text{tekanan penguapan dari zat cair} = 2339 \text{ (Pa)} \text{ (tabel A-15. Cengel : 1105)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} (9,81 \text{ m det}^{-2})$$

$$\rho = \text{rapat massa zat cair} = 998 \text{ (kg m}^{-3}\text{)} \text{ (tabel A-15. Cengel : 1105)}$$

$$Z_i = \text{tinggi permukaan air pada reservoir dengan pompa} = 1 \text{ (m)}$$

$$h_{ls} = \text{head losses suction masing-masing pompa (m)}$$

Head loss Total

$$\textit{Jockey Pump} = 3.00469278 \text{ (m)}$$

$$\textit{Electric Pump} = 2.236382236 \text{ (m)}$$

$$\textit{Diesel Pump} = 2.371854044 \text{ (m)}$$

Pada *Jockey Pump* :

$$\begin{aligned} \text{NPSH tersedia} &= \frac{P_{ia}}{\rho \cdot g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - h_{ls} - z_i \\ &= \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \frac{2339}{998 \cdot 9,81} - 3 - 1 \\ &= 5,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada *Electric Pump* :

$$\text{NPSH tersedia} = \frac{P_{ia}}{\rho \cdot g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - h_{ls} - z_i$$

$$= \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \frac{2339}{998 \cdot 9,81} - 2,2 - 1$$

$$= 6,7 \text{ m}$$

Pada Diesel Pump :

$$\begin{aligned}
 \text{NPSH tersedia} &= \frac{P_{ia}}{\rho \cdot g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - h_{ls} - z_i \\
 &= \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \frac{2339}{998 \cdot 9,81} - 2,3 - 1 \\
 &= 6,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi NPSH yang tersedia adalah :

- Saat *Jockey Pump* dioperasikan = 5,9 (m)
 - Saat *Electric Pump* dioperasikan = 6,7 (m)
 - Saat *Diesel Pump* dioperasikan = 6,6 (m)

Berdasarkan karakteristik, NPSH yang diijinkan masing-masing pompa dan pada tekanan masing-masing pompa yaitu :

Jockey Pump pada tekanan 8 bar = 4.2 m

Electric Pump pada tekanan 7 bar = 19 m

Diesel Pump pada tekanan 6 bar = 15 m

NPSH *Jockey Pump* 5,9 m, berarti NPSH *Jockey Pump* memenuhi syarat dari NPSH yang diijinkan sesuai dengan karakteristik *Jockey Pump*. Sedangkan nilai NPSH pada *Electric Pump* = 6,7 m dan NPSH pada *Diesel Pump* = 6,6. Sehingga NPSH yang tersedia pada *Electric Pump* dan *Diesel Pump* tidak memenuhi syarat NPSH yang diijinkan dari spesifikasi pompa yang digunakan. Sehingga akan menimbulkan kavitas, terjadinya kavitas diakibatkan adanya penurunan tekanan sisi isap hingga mencapai tekanan yang lebih rendah dari tekanan penguapan dari fluida yang dipompakan. Jadi

pemasangan pompa yang ada pada *Electric Pump* dan *Diesel Pump* sekarang tidak semestinya berada diatas *reservoir*.

4.6 Daya Pompa

Daya pompa diperlukan untuk mengalirkan fluida ke instalasi, sehingga kenaikan daya pompa akan di pengaruhi berdasarkan penurunan tekanan dengan kapasitas pompa pada masing-masing pompa :

4.6.1 Jockey Pump

Jika parameter yang diketahui pada *Jockey Pump* :

Q = kapasitas pompa (m^3/s)

p = penurunan tekanan (bar)

η_p = Efisiensi Pompa

$$BHP = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} = \frac{p \cdot Q}{\eta_p}$$

$$= 1/80 \cdot 8,067 \cdot 0,00435$$

$$= 4,38 \text{ KW}$$

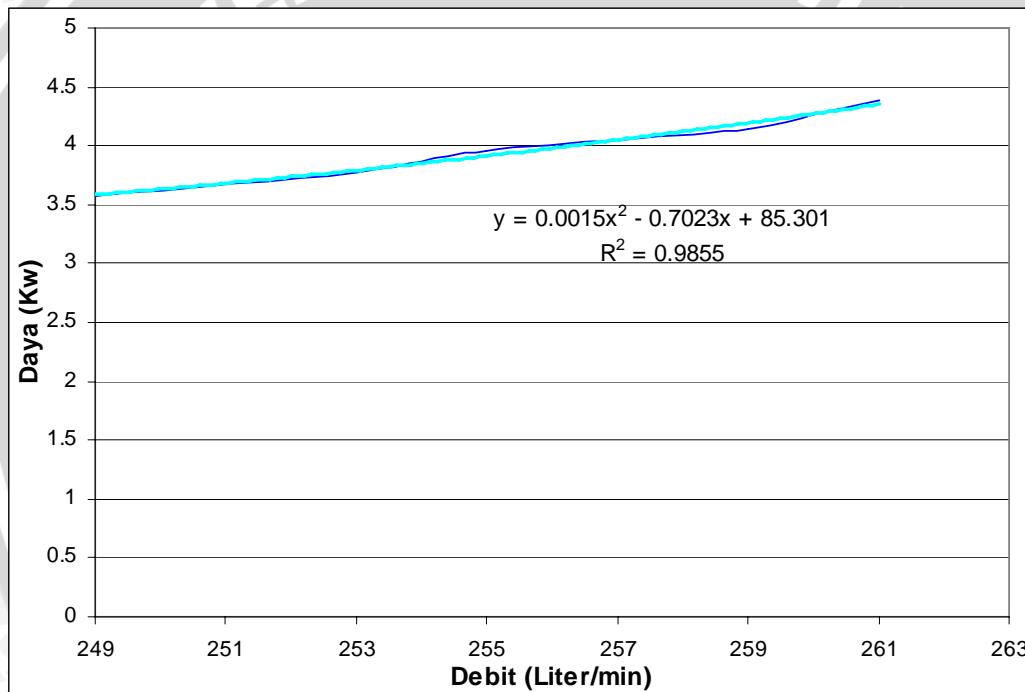
Dari perhitungan dengan parameter data yang ada, berdasarkan penurunan tekanan dengan kapasitas pompa dapat dilihat pada tabel berikut ini :



Tabel 4.6 Tabel penurunan tekanan saat *Jockey pump* beroperasi, kapasitas pompa, debit *sprinkler* dan daya pompa.

Tekanan Instalasi (Bar)	Head Loss Total (m)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
		(Liter/min)	(m3/s)			
8.067216468	19.74166	261	0.00435	0.000471125	9.23320970	4.387
7.873385839	21.72147	260	0.004333	0.000459806	9.4242699	4.265
7.665767027	23.84211	259	0.004317	0.000447681	9.6422869	4.136
7.450850576	26.03729	255	0.00425	0.00043513	9.7672033	3.958
7.170115729	28.90474	253	0.004217	0.000418735	10.070018	3.779

Jadi daya pemompaan pada saat *Jockey Pump* beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.7 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Daya pada *Jockey Pump*

4.6.2 *Electric Pump*

Jika parameter yang diketahui pada *Electric Pump* :

Q = kapasitas pompa (m^3/s)

p = penurunan tekanan (bar)

η_p = Efisiensi Pompa

$$BHP = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} = \frac{p \cdot Q}{\eta_p}$$

$$= 1/80 \cdot 7,17 \cdot 0,091$$

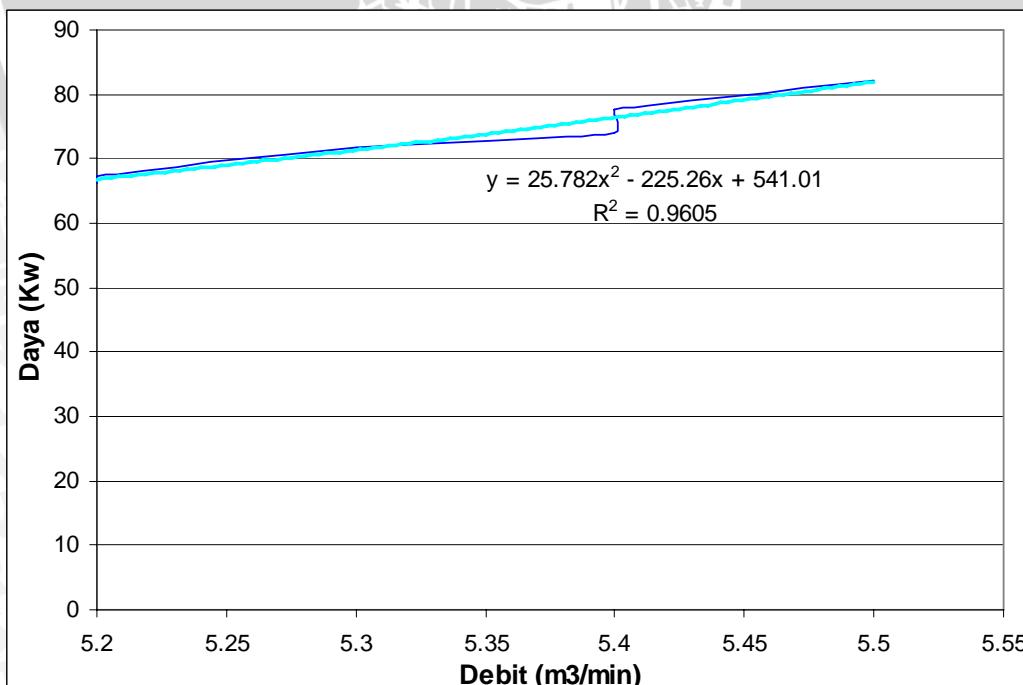
$$= 82,1 \text{ KW}$$

Dari perhitungan dengan parameter data yang ada, berdasarkan penurunan tekanan dengan kapasitas pompa dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.7 Tabel penurunan tekanan saat *Electric pump* beroperasi, kapasitas pompa, debit *sprinkler* dan daya pompa.

Tekanan Instalasi (Bar)	Head Loss Total (m)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
		(m3/min)	(m3/s)			
7.170115729	28.90474	5.5	0.0917	0.000418735	218.91344	82.158
6.900968388	31.65384	5.4	0.09	0.000403017	223.31589	77.636
6.844919363	32.22633	5.4	0.09	0.000399743	225.14449	77.005
6.590021709	34.82989	5.4	0.09	0.000384857	233.85293	74.138
6.506459347	35.6834	5.3	0.0883	0.000379977	232.47007	71.842
6.208895629	38.72275	5.2	0.0867	0.0003626	239.01485	67.263
6.111283876	39.71977	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249	66.206

Jadi daya pemompaan pada saat *Electric Pump* beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.8 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Daya pada *Electric Pump*

4.6.3 Diesel Pump

Jika parameter yang diketahui pada *Diesel Pump* :

Q = kapasitas pompa (m^3/s)

p = penurunan tekanan (bar)

η_p = Efisiensi Pompa

$$BHP = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} = \frac{p \cdot Q}{\eta_p}$$

$$= 1/80 \cdot 6,111 \cdot 0,0866$$

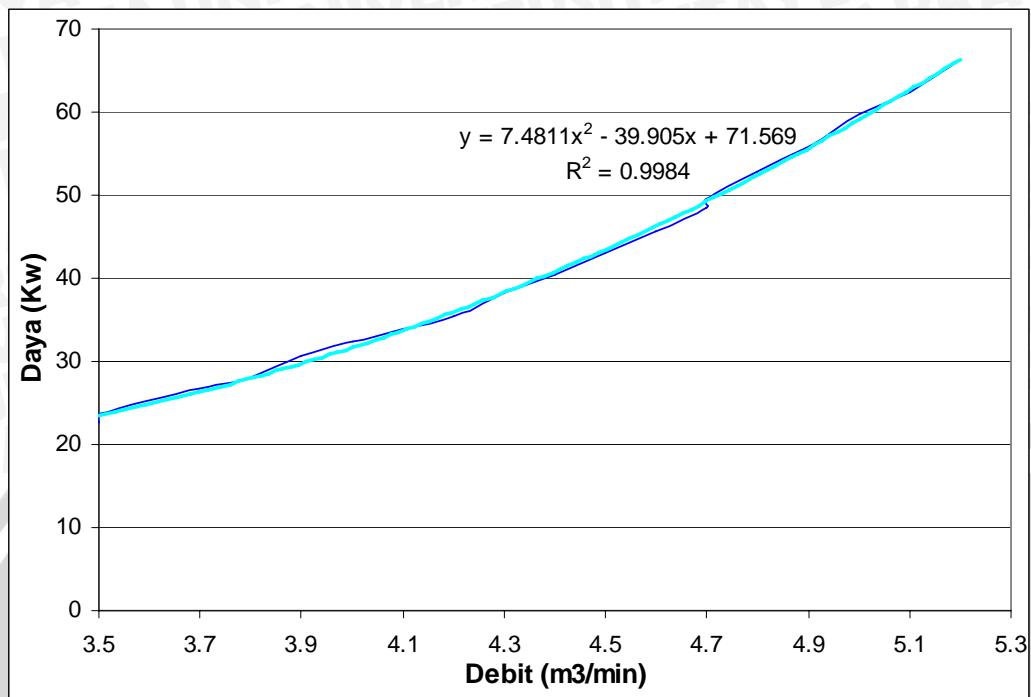
$$= 66,2 \text{ KW}$$

Dari perhitungan dengan parameter data yang ada, berdasarkan penurunan tekanan dengan kapasitas pompa dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Tabel penurunan tekanan saat *Diesel pump* beroperasi, kapasitas pompa, debit *sprinkler* dan daya pompa.

Tekanan Instalasi (Bar)	Head Loss Total (m)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
		(m3/min)	(m3/s)			
6.111283876	6.111284	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249	66.206
5.878678839	5.878679	5.1	0.085	0.000343315	247.58615	62.461
5.746991803	5.746992	5	0.0833	0.000335624	248.29349	59.864
5.46473482	5.464735	4.9	0.0817	0.000319141	255.89564	55.786
5.282264554	5.282265	4.8	0.08	0.000308484	259.33253	52.823
5.069791965	5.069792	4.7	0.0783	0.000296076	264.57184	49.642
4.954551458	4.954551	4.7	0.0783	0.000289346	270.72566	48.513
4.770577196	4.770577	4.6	0.0767	0.000278602	275.18376	45.718
4.593375665	4.593376	4.5	0.075	0.000268253	279.58666	43.063
4.406781361	4.406781	4.4	0.0733	0.000257356	284.94896	40.395
4.271265858	4.271266	4.3	0.0717	0.000249442	287.30802	38.263
4.051765147	4.051765	4.2	0.07	0.000236623	295.82912	35.453
3.891561634	3.891562	4	0.0667	0.000227267	293.34047	32.43
3.765199144	3.765199	3.9	0.065	0.000219888	295.60553	30.592
3.55142905	3.551429	3.8	0.0633	0.000207403	305.36296	28.115
3.45967586	3.459676	3.7	0.0617	0.000202045	305.21243	26.668
3.241318861	3.241319	3.5	0.0583	0.000189293	308.1642	23.635
3.09880216	3.098802	3.5	0.0583	0.00018097	322.33695	22.595

Jadi daya pemompaan pada saat *Diesel Pump* beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar.4.9 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Daya pada *Diesel Pump*

4.7 *Thrust Block*

Perhitungan pada gaya yang diterima *Thrust Block* berdasarkan pada tekanan yang ada dalam pipa, dimana tekanan tersebut bergantung pada kecepatan aliran air sewaktu menerpa dinding pipa yang ditahan *Thrust Block* dan diameter pipa. Berikut perhitungan gaya *thrust* pada pipa pada belokan dan *tee* jika masing-masing pompa beroperasi pada diameter pipa 0,2 m :

4.7.1 Tumpuan belokan

Besar gaya pada tumpuan belokan pada masing-masing pompa :

4.7.1.1 Jockey Pump

Pada tekanan statik, dimana tekanan waktu 1 sprinkler adalah 0,0827 bar sedangkan tekanan stanby adalah 10 bar

$$P = \text{tekanan pada pipa}$$

$$= 10 - 0,0827$$

$$= 9,9173 \text{ bar}$$

$$A = \text{luas irisan melintang pada pipa}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2 = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$\theta = \text{sudut bengkok} = 90^\circ$$

$$T = 2 P A \sin (\theta / 2)$$

$$= \{2 \cdot 9,9173 \cdot 10^5 \cdot 0,0314 \cdot \sin(90/2)\} \cdot 0,22481$$

$$= 9898,9007 \text{ Lbs}$$

Pada tekanan dinamik, dimana kecepatan fluida waktu 1 sprinkler adalah 0,018 m/s sedangkan massa air :

$$m = \rho \cdot V \cdot A = 998 \cdot 0,018 \cdot 0,0314 = 0,56406 \text{ Kg/s}$$

$$T = m \cdot V \sin (\theta / 2)$$

$$= \{0,56406 \cdot 0,018 \cdot \sin(\theta / 2)\} \cdot 0,22481$$

$$= 0,001714 \text{ Lbs}$$

4.7.1.2 Electric Pump

Pada tekanan statik, *Electric Pump* bekerja pada tekanan 7 bar, saat jumlah sprinkler pecah sebanyak 13 sprinkler tekanannya sebesar 3,0294 bar jadi :

$$P = \text{tekanan pada pipa}$$

$$= 10 - 3,0990$$

$$= 6,9009 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \text{luas irisan melintang pada pipa} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2 = 0,0314 \text{ m}^2 \\
 \theta &= \text{sudut bengkok} = 90^\circ \text{C} \\
 T &= 2 P A \sin (\theta / 2) \\
 &= \{2 \cdot 6,9009 \cdot 10^5 \cdot 0,0314 \cdot \sin (90/2)\} \cdot 0.22481 \\
 &= 6888,1837 \text{ Lbs}
 \end{aligned}$$

Pada tekanan dinamik, dimana kecepatan fluida waktu 13 sprinkler adalah 0,44637 m/s sedangkan massa air :

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot V \cdot A = 998 \cdot 0,013 \cdot 0,0314 = 0,40738 \text{ Kg/s} \\
 T &= m \cdot V \sin (\theta / 2) \\
 &= \{0,40738 \cdot 0,013 \cdot \sin (\theta / 2)\} \cdot 0.22481 \\
 &= 0,0008 \text{ Lbs}
 \end{aligned}$$

Untuk harga tumpuan belokan pada tekanan yang berbeda-beda dapat dilihat di tabel 4.9.

4.7.2 Tumpuan Tee

Besar gaya pada tumpuan *tee* pada masing-masing pompa :

4.7.2.1 Jockey Pump

Pada tekanan statik, dimana tekanan waktu 1 sprinkler adalah 0,0827 bar sedangkan tekanan stanby adalah 10 bar

$$\begin{aligned}
 P &= \text{tekanan pada pipa} \\
 &= 10 - 0,0827 \\
 &= 9,9173 \text{ bar} \\
 A_b &= \text{luas irisan melintang pada pipa (m}^2\text{)} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2 = 0,0314 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi gaya pada tumpuan *tee* yaitu :

$$\begin{aligned} T &= P \cdot A_b \\ &= (9,9173 \cdot 10^5 \cdot 0,0314) \cdot 0,22481 \\ &= 7000,637 \text{ Lbs} \end{aligned}$$

Pada tekanan dinamik, dimana kecepatan fluida waktu 1 sprinkler adalah 0,018 m/s sedangkan massa air :

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V \cdot A = 998 \cdot 0,018 \cdot 0,0314 = 0,56406 \text{ Kg/s} \\ T &= (m \cdot V)/2 \\ &= \{(0,56406 \cdot 0,018)/2\} \cdot 0,22481 \\ &= 0,0012 \text{ Lbs} \end{aligned}$$

4.7.2.2 Electric Pump

Pada tekanan statik, *Electric Pump* bekerja pada tekanan 7 bar, saat jumlah sprinkler pecah sebanyak 30 sprinkler tekanannya sebesar 3,099 bar jadi :

$$\begin{aligned} P &= \text{tekanan pada pipa} \\ &= 10 - 3,099 \\ &= 6,9001 \text{ bar} \\ A &= \text{luas irisan melintang pada pipa} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2 = 0,0314 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi gaya pada tumpuan *tee* yaitu :

$$\begin{aligned} T &= P \cdot A_b \\ &= (6,9001 \cdot 10^5 \cdot 0,0314) \cdot 0,22481 \\ &= 4871,417 \text{ Lbs} \end{aligned}$$

Pada tekanan dinamik, dimana kecepatan fluida waktu 13 sprinkler adalah 0,013 m/s sedangkan massa air :

$$m = \rho \cdot V \cdot A = 998 \cdot 0,013 \cdot 0,0314 = 0,40738 \text{ Kg/s}$$

$$T = (m \cdot V)/2$$

$$= \{(0,40738 \cdot 0,013)/2\} \cdot 0.22481$$

$$= 0,00059 \text{ Lbs}$$

Untuk harga tumpuan pada *tee* dengan diameter dan tekanan yang berbeda dapat

dilihat di tabel 4.9 :

Tabel 4.9 gaya-gaya yang terjadi saat *Jockey Pump* dan *Electric Pump*

Jockey Pump

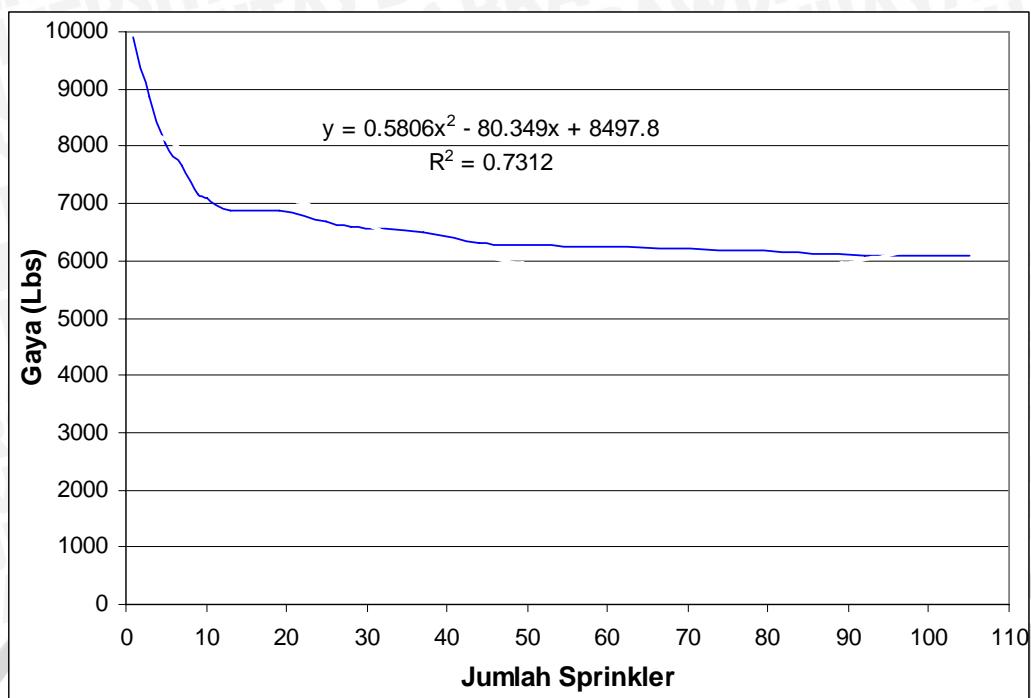
Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Penurunan Tekanan (Bar)	Tekanan Instalasi (Bar)	Debit Pompa (m³/s)	Debit Sprinkler (m³/s)	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
								Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
I	1	0.845	0.082727	9.91727	0.0006	0.00058	0.018	9898.9	0.0017	7000.6	0.0012
	3	11.518	1.12763	8.87237	0.0016	0.00052	0.017	8855.9	0.0014	6263	0.001
	5	19.742	1.932784	8.06722	0.0024	0.00047	0.015	8052.3	0.0011	5694.7	0.0008
	7	23.842	2.334233	7.66577	0.0031	0.00045	0.014	7651.6	0.001	5411.3	0.0007
	9	28.905	2.829884	7.17012	0.0038	0.00042	0.013	7156.8	0.0009	5061.4	0.0006
	10	29.568	2.894861	7.10514	0.0041	0.00041	0.013	7092	0.0009	5015.5	0.0006

Electric Pump

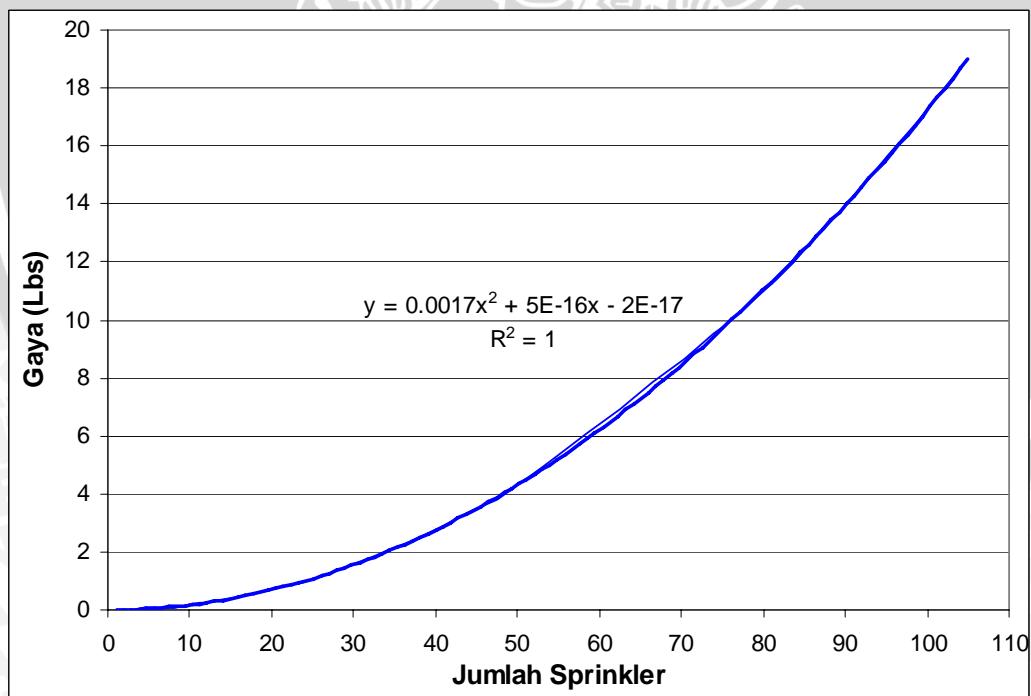
Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Penurunan Tekanan (Bar)	Tekanan Instalasi (Bar)	Debit Pompa (m³/s)	Debit Sprinkler (m³/s)	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
								Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
I	13	31.654	3.099032	6.90097	0.0052	0.0004	0.013	6888.2	0.0008	4871.4	0.0006
	19	31.746	3.108064	6.89194	0.0076	0.0004	0.013	6879.2	0.0008	4865	0.0006
	25	33.704	3.299783	6.70022	0.0098	0.00039	0.012	6687.8	0.0008	4729.7	0.0005
	28	34.662	3.393541	6.60646	0.0108	0.00039	0.012	6594.2	0.0008	4663.5	0.0005
	37	35.659	3.491104	6.5089	0.0141	0.00038	0.012	6496.8	0.0007	4594.7	0.0005
	44	37.677	3.688716	6.31128	0.0162	0.00037	0.012	6299.6	0.0007	4455.2	0.0005
	49	37.805	3.701236	6.29876	0.018	0.00037	0.012	6287.1	0.0007	4446.3	0.0005
	77	38.801	3.798747	6.20125	0.0279	0.00036	0.012	6189.8	0.0007	4377.5	0.0005
	92	39.801	3.896649	6.10335	0.0328	0.00036	0.011	6092	0.0006	4308.4	0.0005
	105	39.836	3.900124	6.09988	0.0374	0.00036	0.011	6088.6	0.0006	4305.9	0.0005

Jadi gaya-gaya yang terjadi pada tumpuan belokan dan tumpuan *tee* baik pada tekanan statik dan tekanan dinamik yang mengenai *Thrust Block* jika tiap pompa beroperasi dapat digambarkan dalam bentuk grafik dibawah :

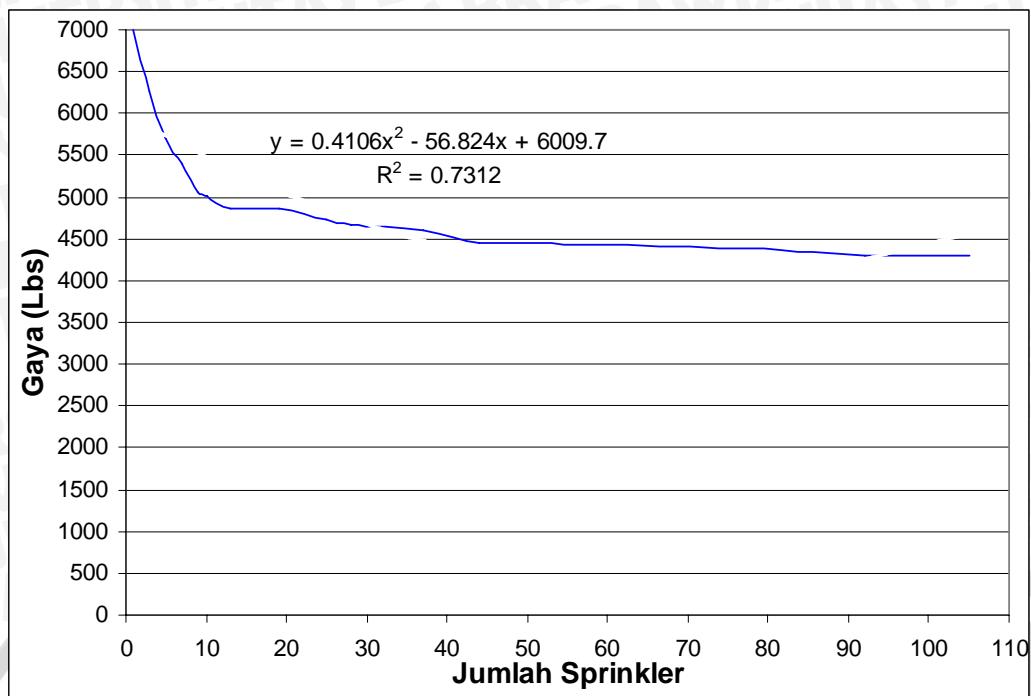




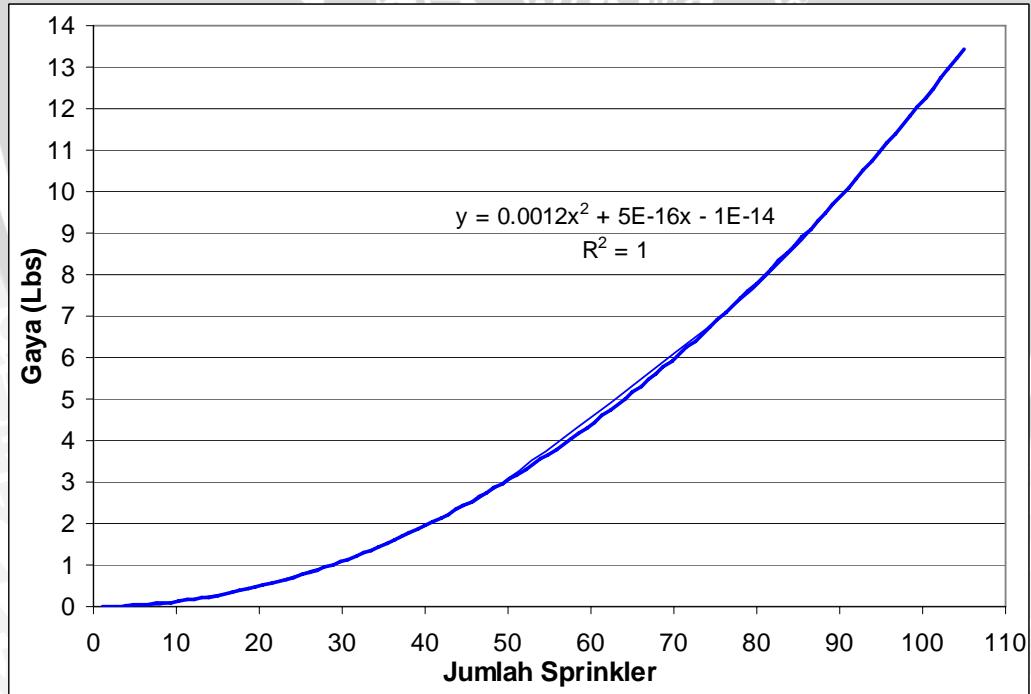
Gambar.4.10 Grafik Hubungan antara Jumlah Sprinkler dengan Gaya yang terjadi pada Tumpuan Belokan pada tekanan statik.



Gambar.4.11 Grafik Hubungan antara Jumlah Sprinkler dengan Gaya yang terjadi pada Tumpuan Belokan pada tekanan dinamik.



Gambar.4.12 Grafik Hubungan antara Jumlah Sprinkler dengan Gaya yang terjadi pada Tumpuan Tee pada tekanan statik.



Gambar.4.13 Grafik Hubungan antara Jumlah Sprinkler dengan Gaya yang terjadi pada Tumpuan Tee pada tekanan dinamik.

Dari gambar grafik diatas semakin banyak jumlah *sprinkler* yang pecah, maka semakin menurun gaya yang diterima *thrust block*. Hal ini terjadi saat terjadi tekanan statik di dalam instalasi pipa berdasarkan jumlah *sprinkler* yang pecah, karena jumlah *sprinkler* yang pecah menyebabkan penurunan tekanan sehingga gaya yang diterima *thrust block* juga semakin menurun. Sedangkan saat terjadi tekanan dinamik dalam instalasi pipa, gaya yang diterima *thrust block* akan semakin naik saat jumlah *sprinkler* yang pecah banyak. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan air yang mengalir dalam pipa semakin cepat.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada skripsi ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Head Losses* semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah *sprinkler*, semakin banyak *head loss* maka tekanan akan semakin menurun karena kenaikan *head loss* setara dengan kenaikan jumlah *sprinkler*. Jumlah *sprinkler* yang semakin banyak maka nilai *major losses* dan *minor losses* akan semakin besar. Dengan adanya penambahan *gate valve* maka *head loss* semakin meningkat dikarenakan *minor losses* bertambah. Untuk nilai dari NPSH, hanya nilai NPSH dari *Jockey Pump* saja yang memenuhi syarat dari NPSH yang diijinkan. Sedangkan NPSH yang tersedia pada *Electric Pump* dan *Diesel Pump* tidak memenuhi syarat NPSH yang diijinkan dari spesifikasi pompa yang digunakan.
2. Besar nilai dari gaya yang diterima oleh *Thrust Block* untuk masing-masing pompa sewaktu terjadi tekanan statik akan menurun sedangkan sewaktu terjadi tekanan dinamik akan naik. Jadi gaya yang diterima *Thrust Block* sewaktu tekanan statik bergantung pada penurunan tekanan berdasarkan jumlah *sprinkler* yang pecah , dan gaya yang diterima sewaktu tekanan dinamik bergantung pada kecepatan air mengalir didalam pipa saat mengenai *Thrust Block*.



5.2 Saran

Dari hasil skripsi ini, saran yang diberikan oleh penulis adalah:

1. Untuk pihak Malang Town Square tidak ada masalah tentang pemasangan *gate valve*, supaya lebih menguntungkan dalam hal proses perawatan pada jalur pipa yang masuk ke tiap-tiap area gedung.
2. Dalam hal penempatan letak pompa diharapkan untuk ditinjau ulang penempatannya.



Daftar Pustaka

- Crocker & king.1930. **Piping Hand Book**. John Willey & Son Inc. New York.
- Cengel, Yunus A & Turner, Robert H. 2005. **Fundamentals Of Thermal-Fluid Sciences**.Second edition. Mc Grawhill Inc.New York.
- Dietzel, Fritz.1992. **Turbin, Pompa dan Kompresor**. Erlangga. Jakarta.
- Dipra's, Technical Committee. 2002. **Thrust Restraint Design For Ductile Iron Pipe**. New York.
- Fox, Robert W. & Allan T. Mc Donald. 1976. **Introduction to Fluid Mechanic**. John & Sons, Inc. New York.
- Karrasik, Igor J.1976. **Pump Handbook**. Mc Grawhill Inc.New York.
- Kentish, D.N.W. 1982. **Industrial Pipe Work**. Mc. Graw-Hill Book Company (UK) Limited. London.
- Khetagurov, M.1954. **Marine Auxiliary and system**. Rizhky Pereulok. Moscow.
- Sularso, dan Kiyokatsu suga1994. **Pompa dan Kompresor**. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Thomas, Krist. 1989. **Hidrolika**. Erlangga. Jakarta.
- White, Frank M. 1999. **Fluid Mechanics**. Fourth Edition. Mc Grawhill Inc.New York.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Tabel jumlah *sprinkler, major losses, minor losses, head loss total tekanan*

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Losses		Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)
		Mayor	Minor		
III	1	3.059384	6.118768	9.178153	0.898576
	4	5.496583	10.99317	16.48975	1.614409
	6	7.947369	15.89474	23.84211	2.334233
	9	9.856325	19.71265	29.56897	2.894915
	15	10.0549	20.10979	30.16469	2.953237
	25	10.07996	20.15992	30.23987	2.960599
	38	10.34056	20.68113	31.02169	3.037141
	52	10.41163	20.82325	31.23488	3.058013
	64	10.47218	20.94436	31.41655	3.075799
	77	10.50459	21.00919	31.51378	3.085319
	91	10.67163	21.34325	32.01488	3.134378
	104	11.2249	22.44979	33.67469	3.29688
	108	11.3746	22.74919	34.12379	3.340848
	117	11.51043	23.02085	34.53128	3.380743
	129	11.67719	23.35438	35.03157	3.429724
	141	11.87473	23.74945	35.62418	3.487743
	153	12.00008	24.00016	36.00025	3.524561
	163	12.08293	24.16586	36.24879	3.548894
	173	12.28783	24.57565	36.86348	3.609075
	179	12.45162	24.90325	37.35487	3.657184
	184	12.66649	25.33298	37.99947	3.720293
	190	12.80712	25.61423	38.42135	3.761596
	195	12.97118	25.94237	38.91355	3.809784
	200	13.18933	26.37865	39.56798	3.873855
	208	13.33782	26.67565	40.01347	3.917471



Lampiran 2

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Tabel jumlah *sprinkler*, *head loss* total sebelum dan Setelah Penambahan Gate Valve serta selisih losses.

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)		Selisih Losses (m)
		Sebelum	Setelah	
III	1	9.178137	9.178153	1.59E-05
	4	16.48881	16.48975	0.000944
	6	23.84064	23.84211	0.001468
	9	29.56608	29.56897	0.002897
	15	30.16111	30.16469	0.003575
	25	30.22994	30.23987	0.00993
	38	30.99875	31.02169	0.022941
	52	31.19192	31.23488	0.042959
	64	31.35147	31.41655	0.065074
	77	31.41958	31.51378	0.094196
	91	31.88332	32.01488	0.131563
	104	33.50285	33.67469	0.171837
	108	33.93848	34.12379	0.185309
	117	34.3138	34.53128	0.217481
	129	34.76719	35.03157	0.264381
	141	35.30832	35.62418	0.315855
	153	35.62834	36.00025	0.371906
	163	35.82668	36.24879	0.42211
	173	36.38799	36.86348	0.475491
	179	36.84583	37.35487	0.509045
	184	37.46159	37.99947	0.53788
	190	37.84782	38.42135	0.573531
	195	38.30943	38.91355	0.604114
	200	38.93248	39.56798	0.635492
	208	39.32612	40.01347	0.687348

Lampiran 3

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Jockey Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(Liter/min)	(m3/s)			
8.10324324	261	0.00435	0.000473229	9.1922	4.406139
7.704494539	258	0.0043	0.000449942	9.5568	4.141166
7.465625323	255	0.00425	0.000435993	9.7479	3.966113
7.161947659	253	0.004216667	0.000418258	10.082	3.774943

Lampiran 4

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Electric Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
7.170115729	5.5	0.0917	0.000418735	218.91344	82.15758
6.900968388	5.4	0.09	0.000403017	223.31589	77.63589
6.844919363	5.4	0.09	0.000399743	225.14449	77.00534
6.590021709	5.4	0.09	0.000384857	233.85293	74.13774
6.506459347	5.3	0.0883	0.000379977	232.47007	71.84216
6.208895629	5.2	0.0867	0.0003626	239.01485	67.26304
6.111283876	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249	66.20558

Lampiran 5

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Diesel Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
6.111283876	5.2	0.0867	0.000356899	242.83249	66.20558
5.878678839	5.1	0.085	0.000343315	247.58615	62.46096
5.746991803	5	0.0833	0.000335624	248.29349	59.8645
5.46473482	4.9	0.0817	0.000319141	255.89564	55.78583
5.282264554	4.8	0.08	0.000308484	259.33253	52.82265
5.069791965	4.7	0.0783	0.000296076	264.57184	49.64171
4.954551458	4.7	0.0783	0.000289346	270.72566	48.51332
4.770577196	4.6	0.0767	0.000278602	275.18376	45.71803
4.593375665	4.5	0.075	0.000268253	279.58666	43.0629
4.406781361	4.4	0.0733	0.000257356	284.94896	40.3955
4.271265858	4.3	0.0717	0.000249442	287.30802	38.26342
4.051765147	4.2	0.07	0.000236623	295.82912	35.45295
3.891561634	4	0.0667	0.000227267	293.34047	32.42968
3.765199144	3.9	0.065	0.000219888	295.60553	30.59224
3.55142905	3.8	0.0633	0.000207403	305.36296	28.11548
3.45967586	3.7	0.0617	0.000202045	305.21243	26.66833
3.241318861	3.5	0.0583	0.000189293	308.1642	23.63462
3.09880216	3.5	0.0583	0.00018097	322.33695	22.59543

Lampiran 6

Pada *Upper Ground Floor Shaft 3* :

Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan *Tee* pada tekanan statik dan dinamik tiap-tiap pompa.

Jockey Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Penurunan Tekanan (Bar)	Tekanan Instalasi (Bar)	Debit Pompa (m ³ /s)	Debit Sprinkler (m ³ /s)	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
								Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
III	1	9.1782	0.89858	9.1014	5E-04	0.0005	0.0169	9084.6	0.0014	6424.73	0.001
	4	16.49	1.61441	8.3856	0.002	0.0005	0.0624	8370.1	0.0194	5919.42	0.0137
	6	23.842	2.33423	7.6658	0.003	0.0004	0.0855	7651.6	0.0364	5411.29	0.0258
	9	29.569	2.89491	7.1051	0.004	0.0004	0.1189	7091.9	0.0705	5015.5	0.0498

Electric Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Penurunan Tekanan (Bar)	Tekanan Instalasi (Bar)	Debit Pompa (m ³ /s)	Debit Sprinkler (m ³ /s)	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
								Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
III	15	30.165	2.95324	7.0468	0.006	0.0004	0.1966	7033.7	0.1925	4974.33	0.1361
	25	30.24	2.9606	7.0394	0.01	0.0004	0.3273	7026.4	0.5336	4969.14	0.3774
	38	31.022	3.03714	6.9629	0.015	0.0004	0.4921	6950	1.2062	4915.11	0.853
	52	31.235	3.03714	6.9629	0.021	0.0004	0.6734	6950	2.2586	4915.11	1.5973
	64	31.417	3.05801	6.942	0.026	0.0004	0.8263	6929.1	3.4009	4900.37	2.4051
	77	31.514	3.0758	6.9242	0.031	0.0004	0.9916	6911.4	4.8976	4887.82	3.4636
	91	32.015	3.08532	6.9147	0.037	0.0004	1.1703	6901.9	6.8216	4881.1	4.8244
	104	33.675	3.13438	6.8656	0.042	0.0004	1.328	6852.9	8.7839	4846.47	6.2121
	108	34.124	3.29688	6.7031	0.042	0.0004	1.3464	6690.7	9.0295	4731.76	6.3858
	117	34.531	3.38074	6.6193	0.045	0.0004	1.4404	6607	10.334	4672.56	7.3081
	129	35.032	3.42972	6.5703	0.049	0.0004	1.5764	6558.1	12.377	4637.98	8.753
	141	35.624	3.48774	6.5123	0.054	0.0004	1.7078	6500.2	14.527	4597.02	10.273
	153	36	3.52456	6.4754	0.058	0.0004	1.8427	6463.4	16.912	4571.03	11.96
	163	36.249	3.54889	6.4511	0.061	0.0004	1.9557	6439.2	19.05	4553.86	13.473
	173	36.863	3.60907	6.3909	0.065	0.0004	2.0563	6379.1	21.061	4511.38	14.895
	179	37.355	3.65718	6.3428	0.066	0.0004	2.1116	6331.1	22.209	4477.42	15.707
	184	37.999	3.72029	6.2797	0.067	0.0004	2.149	6268.1	23.003	4432.87	16.268
	190	38.421	3.7616	6.2384	0.069	0.0004	2.2045	6226.8	24.206	4403.71	17.119
	195	38.914	3.80978	6.1902	0.07	0.0004	2.245	6178.7	25.104	4369.69	17.754
	200	39.568	3.87386	6.1261	0.072	0.0004	2.2788	6114.8	25.864	4324.47	18.291
	208	40.013	3.91747	6.0825	0.074	0.0004	2.353	6071.3	27.578	4293.68	19.503



Lampiran 7

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*:

Tabel jumlah *sprinkler, major losses, minor losses, head loss total* dan tekanan

Shaft	Area	Jumlah Sprinkler	Head Losses (m)		Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)
			Mayor	Minor		
I	I	1	0.29061	0.46718	0.7577947	0.074191
		7	0.6083	4.75464	5.362935	0.525052
		14	1.21659	9.50928	10.72587	1.050103
		21	1.82489	14.2639	16.088805	1.575155
		30	2.31946	17.9855	20.304928	1.98793
		37	4.63892	23.7698	28.408765	2.781326
		46	5.32547	26.5987	31.924211	3.125502
		53	7.13627	33.4451	40.581406	3.973074
		63	9.26549	38.8579	48.123435	4.711467
		72	11.9524	44.9681	56.920486	5.572732
		75	12.3655	46.5897	58.95523	5.771941
		84	13.3986	51.2637	64.66223	6.330678
		92	15.2699	57.366	72.635862	7.111327
		100	18.0375	62.141	80.178446	7.849775
		110	20.366	68.6541	89.020115	8.715408
		118	21.2553	74.7322	95.987444	9.397535
		129	22.9875	79.9875	102.97509	10.08165
		135	23.6549	85.9119	109.56674	10.727
		146	25.5024	91.359	116.86139	11.44117

Lampiran 8

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1:*

Tabel jumlah *sprinkler*, *head loss* total sebelum dan Setelah Penambahan Gate Valve serta selisih losses.

Shaft	Area	Jumlah Sprinkler	Head loss Total (m)		Selisih Losses (m)
			Sebelum	Setelah	
I	I	1	0.757794742	0.757810629	1.5887E-05
		7	5.362935	5.363713478	0.00077848
		14	10.72587	10.72898391	0.00311391
		21	16.088805	16.0958113	0.0070063
		30	20.3049283	20.31922687	0.01429857
		37	28.40876521	28.43051492	0.02174971
		46	31.92421121	31.95782874	0.03361752
		53	40.5814064	40.62603382	0.04462742
		63	48.1234353	48.18649198	0.06305668
		72	56.920486	57.00284575	0.08235975
		75	58.95522999	59.04459604	0.08936605
		84	64.6622298	64.77433057	0.11210077
		92	72.63586233	72.77033241	0.13447008
		100	80.178446	80.33731897	0.15887297
		110	89.02011466	89.21235096	0.1922363
		118	95.9874436	96.20865833	0.22121473
		129	102.9750914	103.2394719	0.26438052
		135	109.5667365	109.8562825	0.28954599
		146	116.8613946	117.2000482	0.33865363

Lampiran 9

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1:*

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Jockey Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(Liter/min)	(m3/s)			
8.088246987	261	0.00435	0.000472354	9.209202	4.397984
7.95013767	260	0.0043333	0.000464288	9.333287	4.306325
7.802206448	259	0.0043167	0.000455649	9.473669	4.209941
7.704398006	258	0.0043	0.000449937	9.556897	4.141114
7.433712699	257	0.0042833	0.000434129	9.866503	3.980134
7.237990177	254	0.0042333	0.000422699	10.01502	3.830103
6.970599382	251	0.0041833	0.000407083	10.27636	3.645043

Lampiran 10

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*:

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Electric Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
7	5.5	0.091667	0.0004088	224.2335	80.20833
6.754103612	5.4	0.09	0.00039444	228.1718	75.98367
6.584210825	5.4	0.09	0.000384518	234.0593	74.07237
6.466632209	5.3	0.088333	0.000377651	233.9018	71.4024
6.265410724	5.2	0.086667	0.0003659	236.8589	67.87528
6.051633636	5.1	0.085	0.000353415	240.5102	64.29861

Lampiran 11

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*:

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Diesel Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
6.051633636	5.1	0.085	0.000353415	240.5102	64.29861
5.808498771	5.1	0.085	0.000339216	250.5776	61.7153
5.457254869	4.9	0.081667	0.000318704	256.2464	55.70948
5.169087761	4.7	0.078333	0.000301875	259.4895	50.61398
4.998452871	4.6	0.076667	0.00029191	262.6383	47.90184
4.582540612	4.4	0.073333	0.00026762	274.02	42.00662
4.308126306	4.4	0.073333	0.000251595	291.4742	39.49116
4.063187975	4.3	0.071667	0.00023729	302.0212	36.39939
3.816766505	4.1	0.068333	0.000222899	306.5661	32.60155
3.614778541	3.9	0.065	0.000211103	307.9065	29.37008
3.44229413	3.8	0.063333	0.00020103	315.0442	27.2515
3.028255521	3.7	0.061667	0.00017685	348.6945	23.3428

Lampiran 12

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan Tee pada tekanan statik dan dinamik tiap-tiap pompa.

Jockey Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
I	1	0.757795	0.0742	9.92580902	0.00047	0.015	9907.4205	0.001103	7006.662	0.00078
	2	4.588551	0.4492	9.55076342	0.00093	0.03	9533.0697	0.004411	6741.916	0.003119
	4	6.566957	0.6429	9.35706996	0.00187	0.06	9339.7351	0.017643	6605.187	0.012477
	6	8.558616	0.8379	9.16207897	0.0028	0.089	9145.1054	0.039696	6467.543	0.028073
	8	10.48644	1.0267	8.97333784	0.00374	0.119	8956.7139	0.07057	6334.31	0.049908
	10	13.62633	1.3341	8.66593012	0.00467	0.149	8649.8757	0.110266	6117.31	0.077982
	12	15.56786	1.5242	8.47584764	0.00561	0.179	8460.1454	0.158783	5983.13	0.112294
	14	16.99795	1.6642	8.3358363	0.00654	0.208	8320.3934	0.216121	5884.295	0.152844
	16	19.52685	1.9118	8.08824699	0.00748	0.238	8073.2628	0.282281	5709.521	0.199633
	18	20.93752	2.0499	7.95013767	0.00841	0.268	7935.4093	0.357262	5612.029	0.25266
	20	22.4485	2.1978	7.80220645	0.00934	0.298	7787.7521	0.441064	5507.604	0.311926
	22	23.44753	2.2956	7.70439801	0.01028	0.327	7690.1249	0.533687	5438.561	0.377431
	24	26.21234	2.5663	7.4337127	0.01121	0.357	7419.9411	0.635132	5247.483	0.449174
	26	28.21147	2.762	7.23799018	0.01215	0.387	7224.5811	0.745398	5109.322	0.527156
	28	30.94263	3.0294	6.97059938	0.01308	0.417	6957.6857	0.864485	4920.57	0.611376

Electric Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
I	28	30.94263	3.0294	6.97059938	0.01308	0.417	6957.6857	0.864485	4920.57	0.611376
	30	33.15394	3.2459	6.75410361	0.01402	0.446	6741.591	0.992394	4767.745	0.701834
	32	34.88924	3.4158	6.58421082	0.01495	0.476	6572.013	1.129124	4647.817	0.798532
	34	36.0902	3.5334	6.46663221	0.01588	0.506	6454.6522	1.274675	4564.818	0.901467
	36	38.1455	3.7346	6.26541072	0.01682	0.536	6253.8035	1.429047	4422.775	1.010642
	38	40.32904	3.9484	6.05163364	0.01775	0.565	6040.4224	1.592241	4271.869	1.126054

Diesel Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
I	38	40.32904	3.9484	6.05163364	0.01775	0.565	6040.4224	1.592241	4271.869	1.126054
	40	42.81245	4.1915	5.80849877	0.01869	0.595	5797.738	1.764256	4100.239	1.247706
	42	46.40009	4.5427	5.45725487	0.01962	0.625	5447.1448	1.945092	3852.295	1.375596
	44	49.34346	4.8309	5.16908776	0.02056	0.655	5159.5115	2.13475	3648.877	1.509724
	46	51.08634	5.0015	4.99845287	0.02149	0.684	4989.1928	2.333228	3528.425	1.650091
	48	55.33452	5.4175	4.58254061	0.02243	0.714	4574.051	2.540529	3234.831	1.796696
	50	58.13741	5.6919	4.30812631	0.02336	0.744	4300.1451	2.75665	3041.121	1.94954
	52	60.63924	5.9368	4.06318797	0.02429	0.774	4055.6605	2.981593	2868.218	2.108623
	54	63.15622	6.1832	3.81676651	0.02523	0.803	3809.6956	3.215356	2694.268	2.273944
	56	65.21934	6.3852	3.61477854	0.02616	0.833	3608.0818	3.457942	2551.684	2.445503
	58	66.98112	6.5577	3.44229413	0.0271	0.863	3435.917	3.709348	2429.927	2.623301
	60	71.21015	6.9717	3.02825552	0.02803	0.893	3022.6454	3.969576	2137.656	2.807338



Lampiran 13

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4:*Tabel jumlah *sprinkler, major losses, minor losses, head loss total* dan tekanan

Shaft	Area	Jumlah Sprinkler	Head Losses (m)		Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)
			Major	Minor		
IV	I-II	1	1.23446	4.55549	5.7899484	0.56686
		11	3.88152	4.8784	8.7599146	0.85763
		21	4.51849	5.73826	10.256749	1.00417
		32	6.31878	6.37523	12.694012	1.24279
		45	7.81987	7.47523	15.295107	1.49745
		56	8.4446	8.17552	16.620122	1.62717
		70	9.02169	11.5421	20.563785	2.01327
		81	10.4565	15.3349	25.791314	2.52507
		92	10.9853	16.7235	27.708789	2.7128
		101	11.3469	17.0851	28.432018	2.7836
		114	11.6462	19.915	31.561162	3.08996
		123	12.4655	20.2372	32.702703	3.20172
		137	13.0265	23.441	36.467566	3.57031
		146	15.2655	25.2767	40.542219	3.96924
		155	15.8547	29.0215	44.876185	4.39355
		164	16.3499	32.7836	49.133442	4.81035
		171	16.4655	33.5074	49.972898	4.89254
		178	16.8547	37.0784	53.9331	5.28026
		186	17.5217	38.5531	56.074725	5.48993
		194	17.9155	39.7924	57.707863	5.64982
		200	18.6124	41.2619	59.874239	5.86192
		208	19.0288	42.8916	61.920356	6.06224
		220	19.5187	43.0646	62.583347	6.12715
		227	19.9654	43.8152	63.780601	6.24436
		232	20.3549	45.3127	65.667553	6.4291
		246	21.9998	45.9469	67.946715	6.65224
		253	22.3489	47.2169	69.565832	6.81076
		258	22.9785	49.1558	72.134314	7.06222
		265	23.5465	51.8489	75.395491	7.38151
		272	23.9998	52.9898	76.989643	7.53758
		275	24.3489	54.0252	78.374111	7.67312
		282	24.9785	57.285	82.263453	8.0539
		290	25.9998	57.9842	83.984	8.22235
		296	26.3489	59.2313	85.580211	8.37863
		304	26.9785	60.2355	87.21395	8.53858
		311	28.9785	62.2689	91.247414	8.93347
		318	29.9512	63.8779	93.829164	9.18623
		324	30.4166	65.1812	95.597776	9.35939
		330	31.9849	67.8741	99.858991	9.77657
		334	32.4558	69.1895	101.64528	9.95146
		340	33.155	70.2985	103.45348	10.1285
		344	33.8555	72.8482	106.70371	10.4467
		350	34.4875	74.8948	109.3823	10.7089
		353	34.9812	75.1842	110.16535	10.7856
		358	35.5485	76.4842	112.0326	10.9684
		368	37.1288	78.1894	115.31827	11.2901

Lampiran 14

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*Tabel jumlah *sprinkler*, *head loss* total sebelum dan Setelah Penambahan Gate Valve serta selisih losses.

Shaft	Area	Jumlah Sprinkler	Head loss Total (m)		Selisih Losses (m)
			Sebelum	Setelah	
IV	I-II	1	5.78994844	5.78996433	1.589E-05
		11	8.75991459	8.76183695	0.0019224
		21	10.2567489	10.2637552	0.0070063
		32	12.6940122	12.7102808	0.0162686
		45	15.2951071	15.3272789	0.0321718
		56	16.6201218	16.6699443	0.0498226
		70	20.5637849	20.6416327	0.0778478
		81	25.7913137	25.8955502	0.1042366
		92	27.7087887	27.8432588	0.1344701
		101	28.4320175	28.5940838	0.1620663
		114	31.5611625	31.7676338	0.2064713
		123	32.7027035	32.9430624	0.2403589
		137	36.4675657	36.7657544	0.2981887
		146	40.542219	40.8808726	0.3386536
		155	44.8761846	45.2578769	0.3816923
		164	49.1334418	49.5607466	0.4273047
		171	49.9728976	50.437458	0.4645605
		178	53.9331001	54.4364733	0.5033731
		186	56.0747253	56.6243622	0.5496369
		194	57.7078628	58.3057971	0.5979343
		200	59.8742389	60.5097308	0.6354919
		208	61.9203562	62.6077043	0.687348
		220	62.5833469	63.3522921	0.7689452
		227	63.7806005	64.5992571	0.8186565
		232	65.6675526	66.5226705	0.8551179
		246	67.9467152	68.9081509	0.9614357
		253	69.5658316	70.5827617	1.01693
		258	72.1343138	73.1918359	1.0575221
		265	75.3954905	76.5111176	1.1156855
		272	76.9896427	78.1650485	1.1754058
		275	78.3741106	79.5755875	1.2014769
		282	82.2634526	83.526874	1.2634214
		290	83.9839997	85.3201214	1.3361217
		296	85.5802106	86.9721921	1.3919814
		304	87.2139503	88.6821907	1.4682405
		311	91.2474143	92.7840495	1.5366353
		318	93.8291644	95.4357514	1.6065871
		324	95.5977761	97.2655611	1.6677849
		330	99.8589909	101.589118	1.7301267
		334	101.645279	103.417603	1.7723233
		340	103.453478	105.290049	1.8365716
		344	106.703709	108.583749	1.8800392
		350	109.3823	111.328494	1.9461939
		353	110.16535	112.14505	1.9797002
		358	112.032604	114.068784	2.0361796
		368	115.318268	117.46979	2.1515214

Lampiran 15

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*:

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Jockey Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(Liter/min)	(m3/s)			
7.986727314	280	0.004667	0.000466425	10.00518	4.658924
7.474932385	280	0.004667	0.000436536	10.69022	4.360377
7.287204291	280	0.004667	0.000425573	10.96561	4.250869
7.216397443	280	0.004667	0.000421438	11.07321	4.209565
6.91004226	279	0.00465	0.000403546	11.52284	4.016462

Lampiran 16

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*:

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Electric Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
6.91004226	6.4	0.106667	0.000403546	264.3231	92.1339
6.798281058	6.4	0.106667	0.00039702	268.6685	90.64375
6.429686737	6.4	0.106667	0.000375494	284.0705	85.72916
6.030762699	6.4	0.106667	0.000352197	302.8612	80.41017

Lampiran 17

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 4*:

Tabel kemampuan jumlah *sprinkler* yang pecah jika *Diesel Pump* beroperasi serta daya yang terjadi.

Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Pompa		Debit Sprinkler (m3/s)	Jumlah Sprinkler	Daya (Kw)
	(m3/min)	(m3/s)			
6.030762699	6.4	0.106667	0.000352197	302.8612	80.41017
5.606450996	6.3	0.105	0.000327417	320.6922	73.58467
5.189649337	6.3	0.105	0.000303076	346.4483	68.11415
5.107463432	6.3	0.105	0.000298276	352.0231	67.03546
4.71974455	6.2	0.103333	0.000275633	374.8945	60.96337
4.510071314	6.2	0.103333	0.000263388	392.3234	58.25509
4.350180941	6.2	0.103333	0.000254051	406.7432	56.18984
4.138084493	6.2	0.103333	0.000241664	427.5907	53.45026
3.937761826	6.1	0.101667	0.000229965	442.0957	50.04239
3.872852524	6.1	0.101667	0.000226175	449.5053	49.2175
3.755636841	6.1	0.101667	0.000219329	463.5346	47.72788
3.570897064	6.1	0.101667	0.00020854	487.5155	45.38015
3.347758383	6.1	0.101667	0.000195509	520.0099	42.54443
3.189240731	6.1	0.101667	0.000186252	545.8564	40.52993
2.937776567	6	0.1	0.000171566	582.8656	36.72221

Lampiran 18

Pada *Upper Mezzanine Ground Floor Shaft 1*

Gaya pada Tumpuan belokan dan Tumpuan Tee pada tekanan statik dan dinamik

tiap-tiap pompa.

Jockey Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
IV	1	5.789948	0.5669	9.43314205	0.00047	0.015	9415.6663	0.001103	6658.887	0.00078
	11	8.759915	0.8576	9.14237107	0.00514	0.164	9125.434	0.133422	6453.631	0.094358
	21	10.25675	1.0042	8.99582531	0.00981	0.312	8979.1597	0.486273	6350.184	0.343899
	32	12.69401	1.2428	8.75720797	0.01495	0.476	8740.9844	1.129124	6181.743	0.798532
	45	15.29511	1.4974	8.5025509	0.02102	0.67	8486.7991	2.232886	6001.98	1.579128
	56	16.62012	1.6272	8.37282692	0.02616	0.833	8357.3155	3.457942	5910.407	2.445503
	70	20.56378	2.0133	7.98672731	0.0327	1.042	7971.9312	5.403034	5637.858	3.821099
	81	25.79131	2.5251	7.47493238	0.03784	1.205	7461.0844	7.234552	5276.58	5.116373
	92	27.70879	2.7128	7.28720429	0.04298	1.369	7273.7041	9.332914	5144.062	6.600363
	101	28.43202	2.7836	7.21639744	0.04719	1.503	7203.0284	11.24823	5094.079	7.954904
	114	31.56116	3.09	6.91004226	0.05326	1.696	6897.2408	14.33017	4877.822	10.13449

Electric Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
IV	114	31.56116	3.09	6.91004226	0.05326	1.696	6897.2408	14.33017	4877.822	10.13449
	123	32.7027	3.2017	6.79828106	0.05747	1.83	6785.6866	16.68214	4798.93	11.79784
	137	36.46757	3.5703	6.42968674	0.06401	2.038	6417.7751	20.69582	4538.738	14.63637
	146	40.54222	3.9692	6.0307627	0.06821	2.172	6019.5902	23.5043	4257.136	16.62256

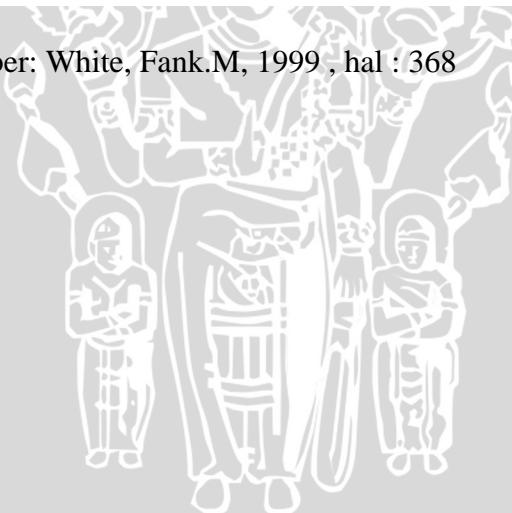
Diesel Pump

Shaft	Jumlah Sprinkler	Head Loss Total (m)	Tekanan (Bar)	Penurunan Tekanan (Bar)	Debit Sprinkler	V (m/s)	Tumpuan Belokan (Lbs)		Tumpuan Tee (Lbs)	
							Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
IV	146	40.54222	3.9692	6.0307627	0.06821	2.172	6019.5902	23.5043	4257.136	16.62256
	155	44.87618	4.3935	5.606451	0.07242	2.306	5596.0645	26.49141	3957.613	18.73508
	164	49.13344	4.8104	5.18964934	0.07662	2.44	5180.035	29.65714	3663.391	20.97393
	171	49.9729	4.8925	5.10746343	0.07989	2.544	5098.0014	32.24288	3605.376	22.8026
	178	53.9331	5.2803	4.71974455	0.08316	2.648	4711.0008	34.93668	3331.684	24.70769
	186	56.07473	5.4899	4.51007131	0.0869	2.767	4501.716	38.14762	3183.675	26.97852
	194	57.70786	5.6498	4.35018094	0.09064	2.887	4342.1218	41.49971	3070.808	29.34916
	200	59.87424	5.8619	4.13808449	0.09344	2.976	4130.4183	44.1064	2921.088	31.19264
	208	61.92036	6.0622	3.93776183	0.09718	3.095	3930.4668	47.70548	2779.679	33.73796
	220	62.58335	6.1271	3.87285252	0.10278	3.273	3865.6777	53.36874	2733.86	37.7431
	227	63.7806	6.2444	3.75563684	0.10605	3.378	3748.6792	56.81896	2651.117	40.18314
	232	65.66755	6.4291	3.57089706	0.10839	3.452	3564.2816	59.34957	2520.708	41.97282
	246	67.94672	6.6522	3.34775838	0.11493	3.66	3341.5564	66.72857	2363.194	47.19135
	253	69.56583	6.8108	3.18924073	0.1182	3.764	3183.3324	70.58016	2251.296	49.91525
	258	72.13431	7.0622	2.93777657	0.12054	3.839	2932.3341	73.39746	2073.786	51.90768

Lampiran 19. Koefisien hambatan (K) untuk katup terbuka, siku dan sambungan

Garis-tengah nominal, in	JNGAN									
	Dengan sekrup				Dengan kerah					
	$\frac{1}{2}$	1	2	4	1	2	4	8	20	
Katup (terbuka penuh):										
Bola	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5	
Gerbang	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03	
Engsel searah	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Sudut	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0	
Siku:										
45° biasa	0.39	0.32	0.30	0.29		0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
45° ruji panjang					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14	
90° biasa	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21	
90° ruji panjang	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10	
180° biasa	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20	
180° ruji panjang					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10	
Sambungan T:										
Aliran utama	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07	
Aliran cabang	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41	

Sumber: White, Fank.M, 1999 , hal : 368



Lampiran 20. Properties of saturated water

Properties of saturated water

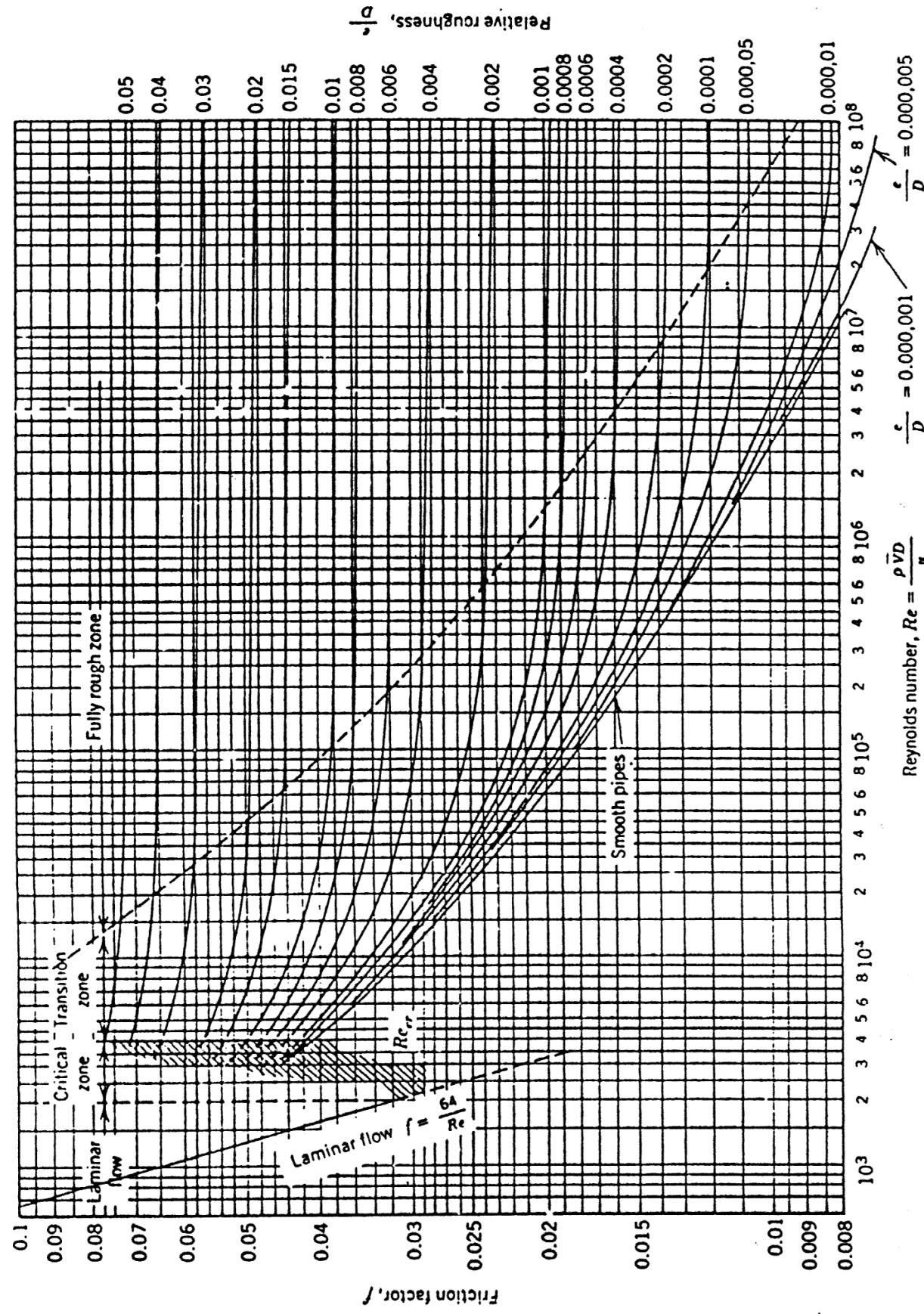
Temp., $T^{\circ}\text{C}$	Pressure, $P_{\text{sat}} \text{ kPa}$	Enthalpy										Volume		
		Saturation Density, $\rho \text{ kg/m}^3$		Vaporiza- tion, $h_g \text{ kJ/kg}$	Specific Heat, $C_p \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$		Thermal Conductivity, $k \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$		Dynamic Viscosity, $\mu \text{ kg/m} \cdot \text{s}$		Prandtl Number, Pr		Expansion Coefficient, $\beta \text{ 1/K}$	
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792×10^{-3}	0.922×10^{-5}	13.5	1.00	-0.068×10^{-3}	
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519×10^{-3}	0.934×10^{-5}	11.2	1.00	0.015×10^{-3}	
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307×10^{-3}	0.946×10^{-5}	9.45	1.00	0.733×10^{-3}	
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4186	1863	0.589	0.0179	1.138×10^{-3}	0.959×10^{-5}	8.09	1.00	0.138×10^{-3}	
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002×10^{-3}	0.973×10^{-5}	7.01	1.00	0.195×10^{-3}	
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891×10^{-3}	0.987×10^{-5}	6.14	1.00	0.247×10^{-3}	
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798×10^{-3}	1.001×10^{-5}	5.42	1.00	0.294×10^{-3}	X
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720×10^{-3}	1.016×10^{-5}	4.83	1.00	0.337×10^{-3}	
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653×10^{-3}	1.031×10^{-5}	4.32	1.00	0.377×10^{-3}	
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596×10^{-3}	1.046×10^{-5}	3.91	1.00	0.415×10^{-3}	
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547×10^{-3}	1.062×10^{-5}	3.55	1.00	0.451×10^{-3}	
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504×10^{-3}	1.077×10^{-5}	3.25	1.00	0.484×10^{-3}	
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467×10^{-3}	1.093×10^{-5}	2.99	1.00	0.517×10^{-3}	
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433×10^{-3}	1.110×10^{-5}	2.75	1.00	0.548×10^{-3}	
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404×10^{-3}	1.126×10^{-5}	2.55	1.00	0.578×10^{-3}	
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378×10^{-3}	1.142×10^{-5}	2.38	1.00	0.607×10^{-3}	
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355×10^{-3}	1.159×10^{-5}	2.22	1.00	0.653×10^{-3}	
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333×10^{-3}	1.176×10^{-5}	2.08	1.00	0.670×10^{-3}	
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315×10^{-3}	1.193×10^{-5}	1.96	1.00	0.702×10^{-3}	
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297×10^{-3}	1.210×10^{-5}	1.85	1.00	0.716×10^{-3}	
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282×10^{-3}	1.227×10^{-5}	1.75	1.00	0.750×10^{-3}	
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255×10^{-3}	1.261×10^{-5}	1.58	1.00	0.798×10^{-3}	
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232×10^{-3}	1.296×10^{-5}	1.44	1.00	0.858×10^{-3}	
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213×10^{-3}	1.330×10^{-5}	1.33	1.01	0.913×10^{-3}	
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197×10^{-3}	1.365×10^{-5}	1.24	1.02	0.970×10^{-3}	
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183×10^{-3}	1.399×10^{-5}	1.16	1.02	1.025×10^{-3}	
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170×10^{-3}	1.434×10^{-5}	1.09	1.05	1.145×10^{-3}	
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160×10^{-3}	1.468×10^{-5}	1.03	1.05	1.178×10^{-3}	
180	1002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150×10^{-3}	1.502×10^{-5}	0.983	1.07	1.210×10^{-3}	
190	1254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142×10^{-3}	1.537×10^{-5}	0.947	1.09	1.280×10^{-3}	
200	1553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134×10^{-3}	1.571×10^{-5}	0.910	1.11	1.350×10^{-3}	
220	2318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122×10^{-3}	1.641×10^{-5}	0.865	1.15	1.520×10^{-3}	
240	3344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111×10^{-3}	1.712×10^{-5}	0.836	1.24	1.720×10^{-3}	
260	4688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102×10^{-3}	1.788×10^{-5}	0.832	1.35	2.000×10^{-3}	
280	6412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094×10^{-3}	1.870×10^{-5}	0.854	1.49	2.380×10^{-3}	
300	8581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086×10^{-3}	1.965×10^{-5}	0.902	1.69	2.950×10^{-3}	
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078×10^{-3}	2.084×10^{-5}	1.00	1.97	—	
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070×10^{-3}	2.255×10^{-5}	1.23	2.43	—	
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060×10^{-3}	2.571×10^{-5}	2.06	3.73	—	
374.14	22,090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043×10^{-3}	4.313×10^{-5}	—	—	—	

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho C_p = \nu/\text{Pr}$. The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ for specific heat is equivalent to $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$, and the unit $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ for thermal conductivity is equivalent to $\text{W/m} \cdot \text{K}$.

Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291–1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

Lampiran 21



Grafik faktor gesekan pada aliran pipa
Sumber : Robert, W. Fox, 1994 : hal. 333

Lampiran 22.

SPESIFIKASI POMPA PEMADAM KEBAKARAN "MALANG TOWN SQUARE"

No.	Uraian	Satuan	Data-data Pompa			
KONDISI UMUM						
1	Kode Gambar		JP-01	EFP-01	DFP-01	PT-01
2	Nama Pompa		JOCKEY PUMP	ELECTRIC FIRE PUMP	DIESEL FIRE PUMP	PRESSURE TANK
3	Type Pompa		VERTICAL MULTI STAGE	HORIZONTAL SPUR CASE	HORIZONTAL SPUR CASE	VERTICAL(DGN MEMBRAN)
4	Jumlah Pompa	UNIT	1	1	1	1
5	Lokasi		RUANG POMPA	RUANG POMPA	RUANG POMPA	RUANG POMPA
KONDISI OPERASI						
1	KAPASITAS POMPA	GPM	50	1250	1250	806 LTR
2	TOTAL HEAD	M	100	90	90	200
3	MOTOR POMPA	KW	8	100	180	
4	PUTARAN POMPA	RPM	2900	2900	2900	
5	TEMP. KERJA POMPA	C	40	128	128	40
6	PENAHAN GETARAN		SPRING	SPRING	SPRING	
7	EFISIENSI MINIMUM	%	65 - 80	65 - 80	65 - 80	
8	TEKANAN KERJA	BAR	7	6	5	
9	OPERASIONAL		ON / OFF AUTOMATIC	ON AUTOMATIC / OFF MANUAL	ON AUTOMATIC / OFF MANUAL	SINGLE
TEKNIS POMPA						
1	CLASS ISOLASI MOTOR		IP - 55	IP - 55	IP - 55	
2	CASING POMPA		CAST IRON	CAST IRON	CAST IRON	
3	IMPELER POMPA		BRONZE	BRONZE	BRONZE	
4	SHAFT		55.403	55.403	55.403	
5	SHAFT SEAL		GLAND PACKING	GLAND PACKING	GLAND PACKING	
6	STANDART POMPA		NFPA - 20	NFPA - 20	NFPA - 20	