

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM HYDRANT PADA GUDANG PABRIK PT. X DENGAN LUAS 2340 M²

M. Rafianza¹⁾ Razul Harfi²⁾ Bambang Setiadi³⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Sains dan Teknologi Nasional

³⁾ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara
Email : Mrafianza@gmail.com¹⁾, razul@istn.ac.id²⁾, bambang@itpln.ac.id

ABSTRAKSI

Kebakaran adalah suatu reaksi oksidasi eksotermis yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar disertai dengan timbulnya api/penyalaan yang membahayakan manusia, bangunan atau ekologi. Resiko adanya kebakaran pada bangunan memberikan banyak tuntutan meliputi tuntutan terhadap aspek keselamatan dan rasa aman dalam bangunan gedung. Tujuan dari penelitian dapat melakukan “perencanaan system *hydrant* sebagai tindak darurat kebakaran. Hasil dari penelitian standar yang digunakan SNI-03-1735-2000 sebagai standar perencanaan sistem *fire hydrant*. Jumlah instrument hidran yang digunakan adalah 2 Unit *Indoor Hydrant Box* dan masing-masing 3 Unit untuk *Hydrant Pillar* dan *Outdoor Hydrant Box* sesuai Standar Nasional Indonesia. Ukuran Pipa yang digunakan adalah pipa 1,5 inch, 3 inch, dan 6 inch dengan *schedule* 40 ditentukan secara hidrolis sesuai NFPA14. Kebutuhan air untuk sistem *fire hydrant* adalah 186 m³ atau 186.000 Liter untuk waktu operasional selama 45 menit sesuai peraturan yang berlaku. Total rencana anggaran biaya bernilai Rp. 1.404.718.200,00

Kata Kunci : *Fire, Warehouse, Hydrant System.*

ABSTRACTION

Fire is a rapidly occurring exothermic oxidation reaction of a fuel accompanied by the emergence of fire/ignition that endangers humans, buildings or the ecology. The risk of fire in buildings places many demands including demands on aspects of safety and a sense of security in buildings. The aim of the research is to plan a hydrant system as a fire emergency. The results of the standard research used SNI-03-1735-2000 as a fire hydrant system planning standard. The number of hydrant instruments used is 2 Indoor Hydrant Box units and 3 units each for Hydrant Pillar and Outdoor Hydrant Box according to Indonesian National Standards. The pipe sizes used are 1.5 inch, 3 inch and 6 inch pipes with schedule 40 determined hydraulically according to NFPA14. The water requirement for the fire hydrant system is 186 m³ or 186,000 liters for an operational time of 45 minutes according to applicable regulations. The total planned cost budget is IDR. 1,404,718,200.00

Key Words: Fire, Warehouse, Hydrant System.

1. Pendahuluan

Gudang sebagai tempat penyimpanan persediaan produk yang akan digunakan dikemudian hari oleh perusahaan dalam proses penjualan ke pihak konsumen haruslah dijaga dari insiden yang tidak diinginkan misalnya terjadi sebuah kebakaran.

Kebakaran adalah suatu reaksi

oksidasi eksotermis yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar disertai dengan timbulnya api atau penyalaan yang membahayakan manusia, bangunan atau ekologi. Resiko adanya kebakaran pada bangunan memberikan banyak tuntutan meliputi tuntutan terhadap aspek keselamatan dan rasa aman dalam bangunan gedung. Gudang baru di pabrik PT. X

dengan luas 2340m² ini memerlukan rancangan desain instalasi proteksi kebakaran sebagai tindak darurat kebakaran dimana diatur dalam Kepmenaker 186/Men/1999 tentang unit penanggulangan kebakaran di tempat kerja. Peraturan ini menjelaskan bahwa perusahaan wajib mencegah, mengurangi, dan memadamkan kebakaran di tempat kerja. Disebutkan pula dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.26/PRT/M/2008 tentang persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pada Bangunan gedung dan lingkungan. Peraturan ini menyebutkan bahwa pengelolaan proteksi kebakaran adalah upaya mencegah terjadinya kebakaran atau meluasnya kebakaran ke ruangan-ruangan ataupun lantai-lantai bangunan, termasuk ke bangunan lainnya melalui eliminasi ataupun meminimalisasi risiko bahaya kebakaran.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) yang berlaku di Indonesia dan tercantum dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.04/MEN/1980 tentang syarat pemasangan dan pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), terdapat lima pembagian kelas yaitu sebagai berikut (NFPA, 2002).

- a. Kelas A : Kebakaran yang terjadi pada benda padat kecuali logam. Beberapa diantaranya yakni kayu, kertas, plastik, karet, kain.
- b. Kelas B : Kebakaran yang terjadi pada benda gas, uap atau cairan. Beberapa diantaranya bensin, solar, minyak tanah, aspal, alkohol, dan elpiji.
- c. Kelas C : Kebakaran yang terjadi pada peralatan listrik bertegangan.
- d. Kelas D : Kebakaran yang terjadi pada bahan logam (magnesium, aluminium, kalium, dan sebagainya).
- e. Kelas K : Kebakaran yang disebabkan oleh bahan akibat konsentrasi lemak yang tinggi. Kebakaran jenis ini banyak terjadi di dapur

- f. Kelas E : Kebakaran yang belum diketahui secara spesifik dan mengandung bahan-bahan radioaktif.

2.2 Indoor Hydrant Box

Indoor hydrant box selain digunakan sebagai tempat meletakkan *nozzle*, *fire hose* dan *coupling machino* juga terhubung dengan jaringan *fire hydrant*. Sehingga saat terjadi kebakaran selang dan *nozzle* bisa langsung ditarik menuju ke titik api. Berbeda dengan *outdoor box hydrant* yang diletakkan di luar gedung yang biasanya berada di sebelah *hydrant pillar* untuk meletakkan perlengkapan *fire hose* dan *nozzle*. Seperti gambar 1.



Gambar.1 Bentuk Indoor Hydrant Box

2.3 Siamese Connection

Siamese connection atau splitter dalam system instalasi fire hydrant adalah atau lebih selang *fire hose* terhubung ke satu pipa tegak di tempat yang sama seperti terlihat pada gambar 2. Fungsi dari alat ini adalah untuk menyuplai air dari mobil pemadam kebakaran ke hydrant jika sewaktu-waktu air dalam tandon penampungan habis atau kerja pompa pada system instalasi *fire hydrant* tidak optimal.



Gambar2 Bentuk Siamese Connection

2.4 Outdoor Hydrant Box

Outdoor hydrant box berfungsi sebagai tempat penyimpanan fire hydrant equipment yang ditempatkan di area luar gedung seperti terlihat pada gambar 3. *Outdoor hydrant box* biasanya diletakkan di dekat *hydrant pillar*. Karena sesuai fungsinya, *outdoor hydrant box* menyimpan peralatan yang melengkapi fungsi *hydrant pillar*. Sehingga ketika tim pemadam kebakaran akan menggunakan proteksi hydrant gedung melalui hydrant pillar, petugas tidak perlu repot mencari selang pemadam dan *nozzle*.



Gambar 3 Bentuk Outdoor hydrant box

2.5 Hydrant pillar

Hydrant pillar atau hidran halaman, adalah suatu sistem pencegah kebakaran yang membutuhkan pasokan air dan dipasang di luar bangunan seperti terlihat pada gambar 3..

Hidran ini biasanya digunakan oleh mobil Pemadam Kebakaran untuk mengambil air jika kekurangan dalam tangki mobil, Jadi hidran pilar ini diletakkan di sepanjang jalan akses mobil Pemadam Kebakaran. Untuk menentukan kebutuhan pasokan air kebakaran menggunakan perhitungan SNI 03- 1735-2000.

1. Pasokan air untuk hidran halaman harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit, serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit.
2. Jumlah pasokan air untuk hidran

halaman yang dibutuhkan ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 4. Bentuk Hydrant Pillar

Tabel 1. Jumlah Pasokan Air Untuk Hydrant Pillar

No.	Jenis bangunan	Jumlah hidran yang akan dipakai untuk pemadaman kebakaran	Pasokan air untuk hidran yang akan dipakai	Waktu pasokan air
1	Perumahan	1	Tidak kurang dari 38 liter/detik pada 3,5 bar	45 menit
2	Bukan perumahan (didasarkan pada luas lantai dari lantai yang terbesar)			
a	< 1.000 m ² .	2	Tidak kurang dari 38 liter/detik pada 3,5 bar untuk hidran pertama dan 19 liter/detik pada 3,5 bar untuk hidran kedua.	45 menit.
b	Setiap pertambahan berikutnya dari 1.000 m ² luas lantai.	Penambahan 1 hidran	Untuk setiap hidran berikutnya, 1200 liter/ menit ditambahkan pasokan air umum untuk hidran.	45 menit.

Persamaan 2.1

$$V = Q \times t \dots\dots\dots 2.1)$$

V = Volume air yang dibutuhkan hidran (liter)

Q = Debit aliran untuk hidran pilar (liter/menit)

t = Waktu pasokan air simpanan (menit)

2.6 Perencanaan Sistem Hidran Kebakaran

Instalasi hidran kebakaran adalah suatu sistem pemadam kebakaran yang menggunakan media pemadam air bertekanan yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran. Sistem ini terdiri dari sistem persediaan air, pompa, perpipaan, *coupling outlet* dan *inlet* serta selang dan *nozzle*. Sistem instalasi hidran yang dipakai adalah sistem instalasi hidran

basah. Sistem instalasi hidran basah adalah suatu sistem hidran yang pipa - pipanya selalu berisi air. Dipilih karena jika terjadi bencana kebakaran diharapkan mampu mensuplai air lebih cepat dan tidak membutuhkan daya pompa yang besar untuk memompa air dari *reservoir*.

2.7 Peletakkan dan Perhitungan Jumlah Hidran

Peletakan dan perhitungan hidran berdasarkan luas lantai, klasifikasi bangunan dapat ditentukan sesuai dengan Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Hidran berdasarkan luas lantai klasifikasi bangunan

Klasifikasi Bangunan	Ruang tertutup Jumlah/luas lantai	Ruang tertutup dan terpisah Jumlah/luas lantai
A	1 buah per 1000 m ²	2 buah per 1000 m ²
B	1 buah per 1000 m ²	2 buah per 1000 m ²
C	1 buah per 1000 m ²	2 buah per 1000 m ²
D	1 buah per 800 m ²	2 buah per 800 m ²
E	1 buah per 800 m ²	2 buah per 800 m ²

2.8 Rumus-rumus yang digunakan Pada Sistem Hidran Kebakaran

$$Q = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \times V \rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \dots\dots\dots 2.2)$$

D = diameter dalam pipa
 Q = kapasitas aliran (m³/detik)
 V = kecepatan aliran (m/detik)

Head total dinyatakan dalam rumus persamaan 2.3.

$$H_{total} = h_a + \Delta h_p + H_f + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.3)$$

h_a = Head statis total (m)
 Δh_p = Head tekanan
 H_f = Head akibat gesekan (m)
 h_a = Static suction lift + Static discharge head

$$\Delta h_p = \frac{h_{p2} - h_{p1}}{\rho g}$$

Daya yang dibutuhkan pompa utama (daya air) dalam rumus

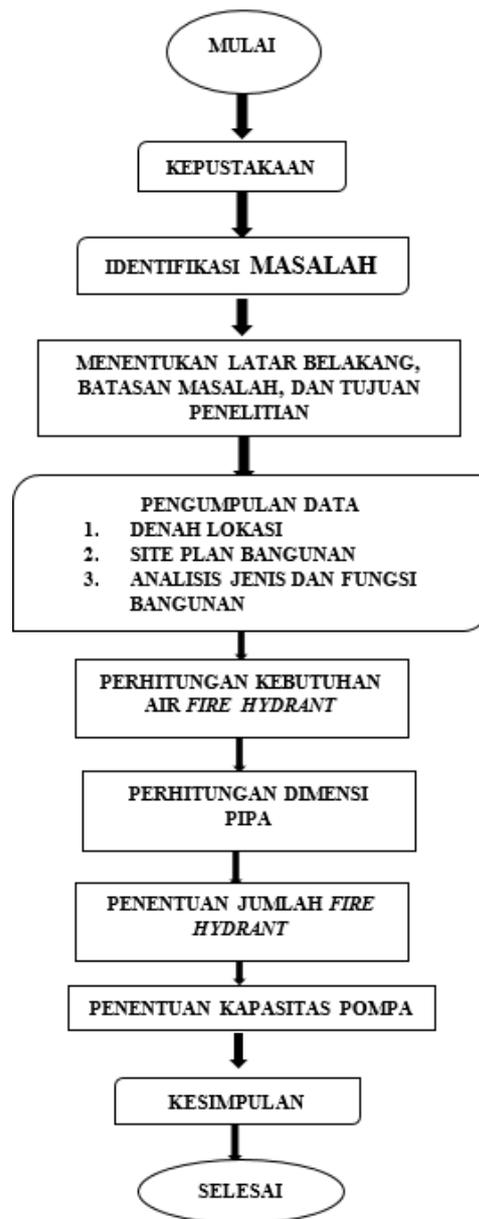
$$BPH = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta p} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- BPH = Daya air (kW)
- H = Head total pompa
- Q = Debit (m³/detik)
- ρ = Massa jenis air (0.9982 Kg/m³)
- ηp = Efisiensi Pompa
- $\eta p = (n \cdot \sqrt{Q}) / H^{3/4}$
- $R_c = \frac{VD}{\mu} \dots\dots\dots 2.5)$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 5. Alur Perencanaan

Rancangan Perencanaan

3.2 Perhitungan Kebutuhan Air

Berdasarkan SNI 03-1735-2000 kapasitas kebutuhan air pada *hydrant pillar* adalah sekurang-kurangnya 2400 liter/menit untuk 2 unit *hydrant pillar* untuk luas kurang atau sama dengan 1000 meter² dan penambahan 1200 liter/menit untuk 1 unit *hydrant pillar* setiap 1000 meter² selanjutnya dengan waktu operasional selama 45 menit. Sedangkan kebutuhan air pada *inside hydrant box* adalah sekurang-kurangnya 400 liter/menit dengan waktu operasional selama 30 menit.

Dengan menggunakan persamaan 2.1 maka kebutuhan airnya adalah:

$$\begin{aligned} V_{HP} &= Q \times t \\ &= 2400 \text{ dm}^3/\text{menit} \times 45 \text{ menit} \\ &= 108.000 \text{ dm}^3 \text{ atau } 108\text{m}^3 \\ V_{IHB} &= Q \times t \\ &= 400 \text{ dm}^3/\text{menit} \times 30 \text{ menit} \\ &= 12.000 \text{ dm}^3 \text{ atau } 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Dimensi Pipa

Dalam menentukan diameter pipa dilakukan penghitungan secara hidrolis dengan menggunakan rumus persamaan 2.2. Diameter pipa yang dihitung harus sesuai dengan kecepatan aliran yang diizinkan yaitu lebih atau sama dengan 3 meter/detik. Perencanaan diameter pipa air sistem *hydrant* dilakukan dengan perhitungan mundur dari alat sistem *hydrant* menuju ke induk-induk percabangan, dengan cara membagi-bagi tiap section meliputi :

1. Pipa pelayan pada unit sistem hydrant
2. Pipa distribusi

Pemilihan material pipa sistem hydrant yang sesuai dengan NFPA 15 adalah ASTM A 53 grade A (*Black Steel Pipe Schedule 40*), dimana *yield strength* nya adalah 30 Ksi (30000psi).

Dengan menggunakan persamaan 2.2 maka perencanaan ukuran dimesi pipa yang akan digunakan adalah :

1. Pipa pelayan untuk *hydrant pillar*
Diketahui : $Q = 250 \text{ gpm} / 0,0158 \text{ m}^3/\text{sec}$ (NFPA 14)
 $V = 3 \text{ m}^3 / \text{detik}$

$$D = \sqrt{\frac{4,0,0158}{3,14,3}} = 0,0818 \text{ m} \approx 3 \text{ inch}$$

Dengan menyesuaikan dengan properties pipa yang ada di pasaran dan sesuai NFPA 14, maka dipilih pipa dengan diameter nominal (NPS) = 3 *inch* dengan inside diameter (ID) = 78,10 mm. maka kecepatan aliran di dalam pipa sebenarnya adalah :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4,0,0158}{3,14,0,0781^2} = 3,3 \text{ meter/detik}$$

2. Pipa pelayan untuk *inside hydrant box*
Diketahui : $Q = 100 \text{ gpm} / 0,0063 \text{ m}^3/\text{sec}$ (NFPA 14)

$$\begin{aligned} V &= 3 \text{ m}^3 / \text{detik} \\ D &= \sqrt{\frac{4,0,0063}{3,14,3}} = 0,0517 \text{ m} \approx 2 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dengan menyesuaikan dengan properties pipa yang ada di pasaran dan sesuai NFPA 14, maka dipilih pipa dengan diameter nominal (NPS) = 1,5 *inch* dengan inside diameter (ID) = 41,2 mm. maka kecepatan aliran di dalam pipa sebenarnya adalah :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4,0,0063}{3,14,0,0412^2} = 4,72 \text{ meter/detik}$$

3. Pipa distribusi
Diketahui : $Q = 1000 \text{ gpm} / 0,063 \text{ m}^3/\text{sec}$ (penaksiran kebutuhan air maksimal)

$$\begin{aligned} V &= 3 \text{ m}^3 / \text{detik} \\ D &= \sqrt{\frac{4,0,063}{3,14,3}} = 0,1635 \text{ m} \approx 6 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dengan menyesuaikan dengan properties pipa yang ada di pasaran dan sesuai NFPA 14, maka dipilih pipa dengan diameter nominal (NPS) = 6 *inch* dengan inside diameter (ID) = 151 mm. maka kecepatan aliran di dalam pipa sebenarnya adalah :

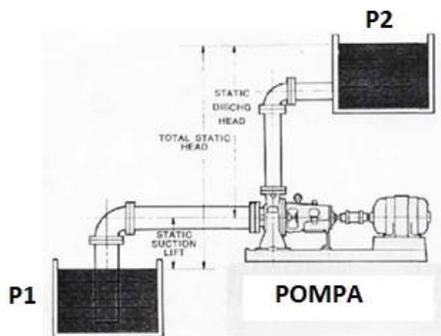
$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4,0,063}{3,14,0,151^2} = 3,51 \text{ meter/detik}$$

3.4 Penentuan Jumlah Fire Hydrant

Berdasarkan luas pada gudang baru di PT. X yaitu 2340 meter² maka sesuai dengan SNI 03-1735-2000 yang diperlihatkan pada “Tabel 2.2.” tentang jumlah hidran berdasarkan luas lantai dan klasifikasi bangunan maka setidaknya ada 2 buah *hydrant pillar* untuk perlindungan luar gudang dan 1 buah *inside hydrant box* untuk perlindungan bagian dalam gudang.

Selang pada *outdoor hydrant box* untuk *hydrant pillar* memiliki panjang jangkauan maksimal pada radius 45 meter dan selang pada *inside hydrant box* memiliki panjang jangkauan maksimal pada radius 30 meter. Penentuan Jumlah Reservoir

Perhitungan volume *reservoir* pada sistem hydrant dimaksudkan untuk menampung air saat *hydrant pillar* atau *indoor hydrant box* bekerja, dimana sistem hidran bekerja dalam jangka waktu tertentu. Berdasarkan SNI 03-1735-2000 operasional untuk hidran adalah selama 45 menit sampai pihak pemadam kebakaran datang.



Gambar 6. Head statis total

Dari data yang diketahui tentang kebutuhan air selama 45 menit untuk *hydrant pillar* dan *indoor hydrant box* maka bisa kita tentukan volume kebutuhan air dan volume *reservoir* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{\text{kebutuhan air}} &= V_{\text{hp}} (3 \text{ unit}) + V_{\text{ihb}} (2 \text{ unit}) \\ &= 162 \text{ m}^3 + 24 \text{ m}^3 \\ &= 186 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume *reservoir* haruslah lebih besar dari volume kebutuhan air, *reservoir* tidak boleh diisi dengan penuh untuk menjaga faktor keamanannya, dengan ini ditentukan konstruksi dimensi *reservoir*, yaitu :

$$\begin{aligned} V_{\text{reservoir}} &= P \times L \times T \\ &= 7 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \\ &= 210 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{reservoir}} &= P \times L \\ &= 7 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\ &= 42 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{(selisih volume)}} &= V_{\text{reservoir}} - V_{\text{kebutuhan air}} \\ &= 210 \text{ m}^3 - 186 \text{ m}^3 \\ &= 24 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$t_{\text{(freeboard)}} = \frac{\Delta V}{A} = \frac{24}{42} = 0,57 \text{ meter}$$

3.5 Penentuan Kapasitas Pompa

1. Pompa Utama

Perhitungan tekanan pada pipa distribusi pada head terjauh, dimana head terjauh diletakkan pada FH-3 dengan jarak 135 m. Untuk menghitung head total pompa digunakan rumus persamaan 2.3.

$$H_{\text{total}} = h_a + \Delta h_p + H_f + \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$Q = 0,063 \text{ m}^3/\text{s} (1000 \text{ Gpm})$$

$$\text{Static suction head} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Static discharge head} = 2 \text{ m}$$

$$h_{p1} = 4,43 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ (Tekanan umum pada hydrant)}$$

$$h_{p2} = 1 \text{ ATM} (10^5 \text{ N/m}^2)$$

$$\rho_{\text{air}} = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

A) Menghitung head statis total (h_a)

$$\begin{aligned} h_a &= \text{Static suction lift} + \text{Static discharge head} \\ &= 2 \text{ m} + 2 \text{ m} = 4 \text{ m} \end{aligned}$$

B) Menghitung Δh_p

$$\begin{aligned} \Delta h_p &= \frac{h_{p2} - h_{p1}}{\rho g} \\ &= \frac{((4,43 - 1) \times 10^5)}{998,2 \times 9,81} = 35,05 \text{ m} \end{aligned}$$

C) Menghitung kerugian head instalasi (h_f)

Perhitungan instalasi terjauh menuju FH-3 diameter pipa yang digunakan adalah 6 *inch* untuk pipa distribusi dan 3 *inch* untuk pipa pelayan.

Pada pipa

Menggunakan persamaan 2.5 dan Diagram Moody

$$R_c = \frac{VD}{\mu}$$

Data yang diketahui:

$$V = 3 \text{ m/detik}$$

$$\nu = 1,007 \times 10^{-6} \text{ (viskositas kinematik air pada suhu } 20^\circ)$$

Untuk pipa 6 *inch* (ID = 0,151 m)

$$R_c = \frac{3 \times 0,151}{1,007 \times 10^{-6}} = 449.851$$

Untuk pipa 3 *inch* (ID = 0,078 m)

$$R_c = \frac{3 \times 0,078}{1,007 \times 10^{-6}} = 232.373$$

Karna $R_c > 4000$ maka aliran bersifat turbulen, sehingga untuk menghitung

kerugian gesek dalam pipa menggunakan rumus :

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Untuk mencari koefisien kerugiannya kita gunakan diagram moody, Dimana ;

Bilangan renolds (RE) = 232.373(Turbulen)

Nilai ϵ (epsilon) untuk steel = 0,0005 m

ID untuk pipa 6 inch = 0.151 m

ID untuk pipa 3 inch= 0.078 m

Sehingga nilai Relative Pipe Roughness adalah :

$$\frac{\epsilon}{ID} = \frac{0,0005}{0,151} = 0,0033$$

Dari nilai diatas didapat koefisien kerugian pipa melalui diagram moody yaitu 0,030 (λ) untuk pipa ukuran 6 inch.

$$\frac{\epsilon}{ID} = \frac{0,0005}{0,078} = 0,0064$$

Dari nilai diatas didapat koefisien kerugian pipa melalui diagram moody yaitu 0,045 (λ) untuk pipa ukuran 3 inch.

Untuk pipa distribusi 6 inch (ID:0,151 m/L : 80m) :

$$h_f = 0,030 \frac{80}{0,151} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 7,3 \text{ m}$$

Untuk pipa distribusi 6 inch (ID:0,151 m / L : 20 m) :

$$h_f = 0,030 \frac{20}{0,151} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 1,8 \text{ m}$$

Untuk pipa distribusi 6 inch (ID: 0,151 m / L : 10 m) :

$$h_f = 0,030 \frac{10}{0,151} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,9 \text{ m}$$

Untuk pipa distribusi 6 inch (ID: 0,151 m /L: 5 m) :

$$h_f = 0,030 \frac{5}{0,151} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,45 \text{ m}$$

Karena ada 3 pipa 5m maka $0,45 \times 3 = 1,35 \text{ m}$

Untuk pipa pelayan 3 inch (ID : 0,078 m / L : 5 m) :

$$h_f = 0,045 \frac{5}{0,078} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 1,3 \text{ m}$$

Jadi total kerugian dalam pipa adalah 12,65 m

Pada *fitting*

Pada belokan pipa (elbow 90°) Dimana :

Diameter elbow 90° (ID)= 0,154 m (6 inch)

Radius= 0,228 m (9 inch)

R/D = 0,228/0,154 = 1,48 = 1,5

f (Koefisien kerugian pada belokan) = 0,9

Karna jumlah belokan yang digunakan ada 13 maka $13 \times 0,9 = 11,7 \text{ m}$

Pada katup / *valve*

Diketahui nilai koefisien pada *gate valve* adalah 0,19 maka :

$$h_f = \frac{KV^2}{2g} = \frac{0,19 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,08 \text{ m}$$

Diketahui nilai koefisien pada *check valve* adalah 2,5 maka :

$$h_f = \frac{KV^2}{2g} = \frac{2,5 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,81} = 1,15 \text{ m}$$

Diketahui nilai koefisien pada *suction valve* adalah 0,19 maka :

$$h_f = \frac{KV^2}{2g} = \frac{0,19 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,08 \text{ m}$$

Diketahui nilai koefisien pada *strainer* adalah 0,19 maka :

$$h_f = \frac{KV^2}{2g} = \frac{0,19 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,08 \text{ m}$$

Jadi jumlah kerugian pada h_f adalah 3,35 m

D) Menghitung Head pompa yang dibutuhkan hydrant

Untuk menghitung head total pompa digunakan rumus persamaan 2.3.

$$H_{total} = h_a + \Delta h_p + H_f + \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$h_a = 4 \text{ m}$$

$$\Delta h_p = 35,05 \text{ m}$$

$$H_f = 12,65 \text{ m} + 11,7 \text{ m} + 3,35 \text{ m} = 27,7 \text{ m}$$

$$v = 3 \text{ m/detik}$$

$$H_{total} = 4 + 35,05 + 27,7 + \frac{3^2}{19,62} = 67,2 \text{ m}$$

E) Menghitung tekanan pada unit terjauh

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{\rho} - \frac{V^2}{2g} + (Z_1 - Z_2) + H_{pompa} - H_f \right) (\rho g)$$

Diketahui :

$$\rho_{air} = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

$$P_1 = 1 \text{ ATM } (10^5 \text{ N/m}^2)$$

$$V = 3 \text{ m/detik}$$

$$Z_1 = 4 \text{ m}$$

$$Z_2 = 2 \text{ m}$$

$$H_{pompa} = 67,2 \text{ m}$$

$$H_f = 27,7 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ meter/detik}^2$$

$$P_2 = (10,212 - 0,4587 + 2 + 67,2 - 27,7) \times (998,2 \times 9,81)$$

$$P_2 = (51,2533) \times (9792,34)$$

$$P_2 = 501,889 = 50 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

F) Menghitung daya pompa utama
Untuk menghitung daya pompa utama digunakan rumus persamaan 2.4.

$$BPH = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta p}$$

Diketahui:

$$H_{pompa} = 67,2 \text{ m}$$

$$Q = 0,063 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (1000 Gpm)}$$

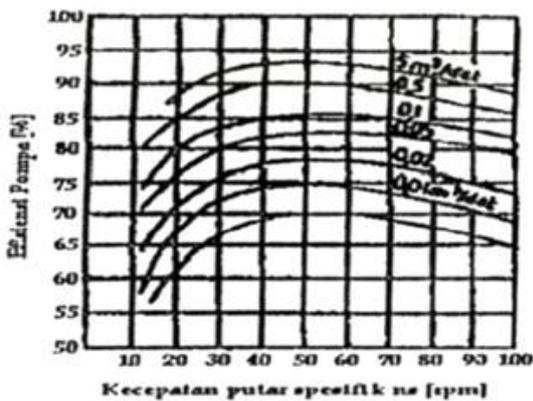
$$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

ηp = Efisiensi Pompa

$$\eta p = (n \sqrt{Q}) / H^{3/4}$$

Dengan RPM pompa memiliki range dari 1700 - 2900 maka kita ambil angka tertinggi yaitu 2900 rpm.

$$\eta p = (2900 \sqrt{0,063}) / 67,2^{3/4} = 31,01$$



Gambar 7. Grafik efisiensi pompa

Dari grafik bisa dilihat didapatkan nilai 80% = 0,8, dengan ini maka daya pompa adalah :

$$BPH = \frac{998,2 \cdot 9,81 \cdot 67,2 \cdot 0,063}{0,8} = 51.821 \text{ watt}$$

atau 51 Kw

Pompa Jockey

Perhitungan daya pompa jockey menggunakan persamaan 2.6

$$BPH = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta p}$$

Diketahui:

$$H_{pompa} = 67,2 \text{ m}$$

$$Q = 5\% \times 0,063 \text{ m/s} = 0,00315 \text{ m/s}$$

$$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

ηp = 65%

$$BPH = \frac{998,2 \cdot 9,81 \cdot 67,2 \cdot 0,00315}{0,65}$$

$$= 3.189 \text{ watt atau } 3,1 \text{ Kw}$$

3.6 Rencana Anggaran Biaya

Pada tahap ini, setelah semua data telah terkumpul kemudian dilakukan analisis perencanaan anggaran biaya yang akan diperlihatkan ditabel dibawah ini

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya Hydrant

NO	SISTEM HYDRANT	SATUAN	JUMLAH	HARGA SATUAN	HARGA JUMLAH
1	Pompa Utama	Buah	1	Rp 225.000.000,00	Rp 225.000.000,00
2	Pompa Jockey	Buah	1	Rp 95.000.000,00	Rp 95.000.000,00
3	Pompa Diesel	Buah	1	Rp 175.850.000,00	Rp 175.850.000,00
4	Inside Hydrant Box	Buah	2	Rp 3.343.500,00	Rp 6.687.000,00
5	Outside Hydrant Box	Buah	3	Rp 955.500,00	Rp 2.866.500,00
6	Hydrant Pillar	Buah	3	Rp 2.655.000,00	Rp 7.965.000,00
				Total =	Rp 513.368.500,00

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya Pemipaan

NO	PERPIPAAN	SATUAN	JUMLAH	HARGA SATUAN	HARGA JUMLAH
1	Pipa 6" sch40 (220/6m)	Batang	37	Rp 4.457.700,00	Rp 164.934.900,00
2	Pipa 3" sch40 (15/6m)	Batang	4	Rp 1.831.700,00	Rp 7.326.800,00
3	Pipa 1,5" sch40 (15/6m)	Batang	4	Rp 669.250,00	Rp 2.677.000,00
4	Elbow 90 6"	Buah	15	Rp 254.000,00	Rp 3.810.000,00
5	Check Valve 150A	Buah	1	Rp 5.060.000,00	Rp 5.060.000,00
6	Gate Valve 150A	Buah	1	Rp 16.940.000,00	Rp 16.940.000,00
7	Suction Valve 150A	Buah	1	Rp 2.900.500,00	Rp 2.900.500,00
8	Strainer 150A	Buah	1	Rp 8.653.300,00	Rp 8.653.300,00
				Total =	Rp 212.302.500,00

Tabel 5 Rencana Anggaran Biaya Reservoir

NO	RESERVOIR	SATUAN	JUMLAH	HARGA SATUAN	HARGA JUMLAH
1	Dimensi 7x6x5				
	Galian Tanah	m³	210	Rp 25.000,00	Rp 5.250.000,00
2	Cor Dinding	m³	11	Rp 3.850.000,00	Rp 42.350.000,00
3	Waterproof Coating	Kg	68	Rp 46.000,00	Rp 3.128.000,00
4	Cover Manhole 900x900	Buah	1	Rp 4.000.000,00	Rp 4.000.000,00
				Total =	Rp 54.728.000,00

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Air Pada Hydrant

Kebutuhan air sistem hydrant dari hasil perencanaan adalah :

$$V_{HP} = Q \times t = 1200 \text{ dm}^3/\text{menit} \times 45 \text{ menit} = 54.000 \text{ dm}^3 \text{ atau } 54 \text{ m}^3$$

$$V_{IHB} = Q \times t = 400 \text{ dm}^3/\text{menit} \times 30 \text{ menit} = 12.000 \text{ dm}^3 \text{ atau } 12 \text{ m}^3$$

$$V_{kebutuhan \text{ air}} = V_{hp} (3 \text{ unit}) + V_{ihb} (2 \text{ unit}) = 162 \text{ m}^3 + 24 \text{ m}^3 = 186 \text{ m}^3$$

4.2 Diameter Pipa Pada Hydrant

Dimensi pipa yang digunakan pada sistem *fire hydrant* yaitu :

- Pipa Distribusi Menggunakan pipa berdiameter 6 *inch* dengan *schedule* 40
- Pipa Pelayan pada FH Menggunakan pipa berdiameter 3 *inch* dengan *schedule* 40
- Pipa Pelayan pada IHB Menggunakan pipa berdiameter 1,5 *inch* dengan *schedule* 40

4.3 Pompa Hydrant Utama

$$\text{BPH} = 51 \text{ kW}$$

$$H_{\text{pompa}} = 67,2 \text{ m}$$

$$Q = 0,063 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (1000 Gpm)}$$

$$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

$$\eta_p = 80\%$$

Pompa Jockey

$$\text{BPH} = 3,1 \text{ kW}$$

$$H_{\text{pompa}} = 67,2 \text{ m}$$

$$Q = 5\% \times 0,063 \text{ m}^3/\text{s} = 0,00315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Pada suhu } 20^\circ)$$

$$\eta_p = 65\%$$

4.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada tahap ini, setelah semua data telah terkumpul kemudian dilakukan analisis perencanaan anggaran biaya yang akan diperlihatkan ditabel dibawah ini :

Dan RAB dengan instalasi dan PPN adalah:
 Rp. 780.399.000,00 + PPN 10% + 70%
 Margin Instalasi=780.399.000 + 78.039.900
 + 546.279.300
 = **Rp. 1.404.718.200,00**

5. Kesimpulan

Berdasarkan Perencanaan Sistem *Fire Hydrant* Pada Gudang Baru di PT.X dengan Luas 2340 m²“ antara lain yaitu:

- Menggunakan SNI-03-1735-2000 sebagai standar perencanaan sistem *fire hydrant*.
- Jumlah instrument hidran yang digunakan adalah 2 *Unit Indoor Hydrant Box* dan masing-masing 3 *Unit* untuk *Hydrant Pillar dan Outdoor*

Hydrant Box sesuai Standar Nasional Indonesia.

- Ukuran Pipa yang digunakan adalah pipa 1,5 *inch* , 3 *inch* , dan 6 *inch* dengan *schedule* 40 ditentukan secara hidrolis sesuai NFPA14.
- Kebutuhan air untuk sistem *fire hydrant* adalah 186 m³ atau 186.000 Liter untuk waktu operasional selama 45 menit sesuai peraturan yang berlaku.
- Total rencana anggaran biaya bernilai Rp. 1.404.718.200,00

DAFTAR PUSTAKA

- OSHA U.S *Department of Labor*. OSHA 3256-07N (2006). *Fire Service Features of Buildings and Fire Protection Systems*.
- NFPA 14 and NFPA 20 (2019). *Stationary Fire Pumps and Standpipe Systems Handbook*.
- NFPA 15 (2012). *Standard for Water Spray Fixed System for Fire Protection*.
- NFPA 24 (2012). *Standard for the Installation of Private Fire Service Mains*.
- Suharto. (2016). *Pompa Sentrifugal : Panduan Lengkap Standarisasi, Teori, Pemilihan, Pembelian, Pengoperasian, Maintenance, dan Troubleshooting*.
- Ali Mahmudi (2010). *Buku Ajar Dasar Mekanika Fluida*. Teknik Mesin. Politeknik Negeri Bandung.
- Arief Rahman (2015). *Seri Diktat Kuliah Rencana Anggaran Biaya*.
- SNI 03-1735-2000: *Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung*
- Peraturan Kepmenaker No. 186/Men/1999. *Tentang unit penanggulangan kebakaran*.
- Peraturan Pemerintah No.26/PRT/M/2008. *Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*