

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Sprinkler Otomatis

Sistem *Sprinkler* otomatis adalah sistem pemadam kebakaran pada gedung dengan cara kepala *sprinkler* menyemburkan air pada mula kebakaran terjadi.

2.1.1 Klasifikasi Sistem Sprinkler

Menurut SNI 03-3989-2000 tentang “Tata Cara Perancangan dan Pemasangan Sistem *Sprinkler* Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan”, klasifikasinya sesuai dengan klasifikasi hunian bahaya kebakaran yang dibagi menjadi 3, yaitu:

Tabel 2.1 Klasifikasi Sistem *Sprinkler*

Sistem Bahaya Kebakaran	Kepadatan Pancaran Rencana	Perkiraan Daerah Kerja Maksimum	Jenis Hunian
	(mm/menit)	(m ²)	
(1)	(2)	(3)	(4)
Ringan	2,25	84	perkantoran, perumahan, pendidikan, perhotelan, rumah sakit dan lain-lain
Sedang	5	72 - 360	industri ringan seperti: pabrik susu, elektronika, pengalengan, tekstil, rokok, keramik, pengolahan logam, bengkel mobil dan lain-lain.
Berat	7.5 - 12.5	260 - 300	industri berat seperti : pabrik kimia, korek api, bahan peledak, karet busa, kilang minyak, dan lain-lain.

(sumber: SNI 03-3989-2000)

Kepadatan pancaran rencana yang dimaksud adalah jumlah debit air (liter/menit) yang dikeluarkan oleh 4 kepala *sprinkler* yang berdekatan dan terletak di empat sudut bujur sangkar, persegi panjang atau jajaran genjang dibagi dengan 4 x luasan tersebut.

2.1.2 Sistem Pipa *Sprinkler*

Sistem pipa sprinkler dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Sistem Pipa Basah (*Wet Pipe System*).

Seluruh sistem perpipaan dari reservoir / tangki air hingga ujung sprinkler terjauh selalu terisi air bertekanan. Sistem ini digunakan pada gedung maupun hunian dimana tidak ada kemungkinan terjadinya pembekuan air di dalam pipa.

Pada sistem pemipaan ini satu set *valve* mengontrol tidak lebih dari 500 buah sprinkler untuk tingkat bahaya kebakaran ringan atau 1000 buah pada tingkat bahaya kebakaran sedang dan tinggi.

2. Sistem Pipa Kering (*Dry Pipe System*).

Sistem ini digunakan pada bangunan atau hunian dimana kemungkinan pembekuan air dalam pipa dapat terjadi. Seluruh pipa pada sistem ini terisi dengan udara dengan tekanan yang cukup untuk dapat menahan air.

3. Alternatif Sistem Pipa Basah dan Pipa Kering (*Combined Dry Pipe-Preaction*).

Sistem ini biasanya menjalankan 2 sistem yang berbeda menurut musim. Menggunakan sistem basah pada musim panas dan sistem kering pada musim dingin. Ketika hendak mengubah sistem kering ke sistem basah, *dry valve* perlu diubah fungsinya ke sistem basah dan hal ini dapat dilakukan dengan cepat.

4. Sistem Pipa Kering Pada Ujung (*Deluge System*).

Sprinkler untuk sistem ini harus dipasang menghadap ke langit-langit. Biasanya digunakan pada lahan yang terbuka atau tidak pada ruangan.

5. Tindakan Awal (*Pre-Action System*).

Sistem ini merupakan gabungan antara *sprinkler* sistem standar dan pemasangan detektor kebakaran. Detektor kebakaran akan bekerja terlebih dahulu dan katub pengontrol akan mengalirkan air ke *sprinkler* sebelum *sprinkler* pertama berfungsi. (sumber: SNI 03-3989-2000)

2.1.3 Jaringan pipa *sprinkler*

Susunan Pipa Instalasi *Sprinkler*:

1. Susunan cabang ganda

Susunan sambungan dimana pipa cabang disambungkan pada dua sisi pipa pembagi

2. Susunan cabang tunggal

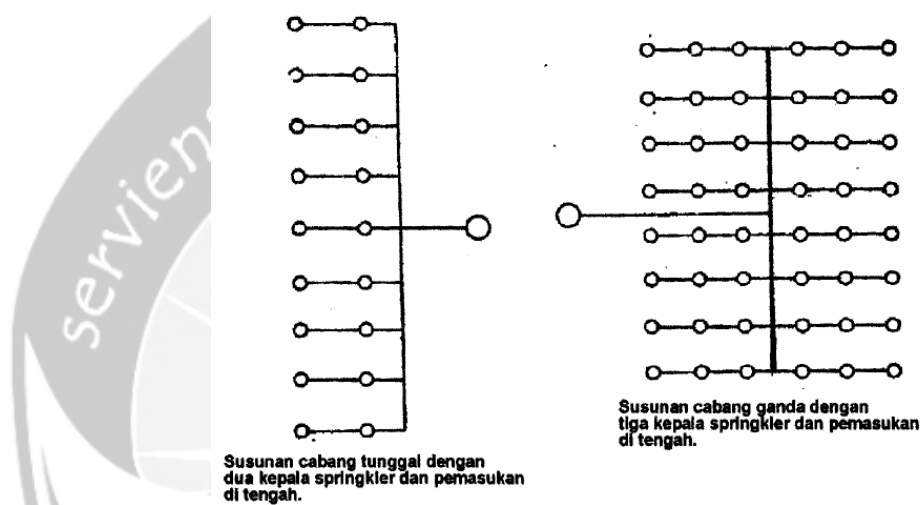
Susunan dimana pipa cabang disambungkan pada satu sisi pipa pembagi

3. Susunan pemasukan diujung

Susunan sambungan dimana pipa cabang disambungkan ke satu sisi pipa pembagi

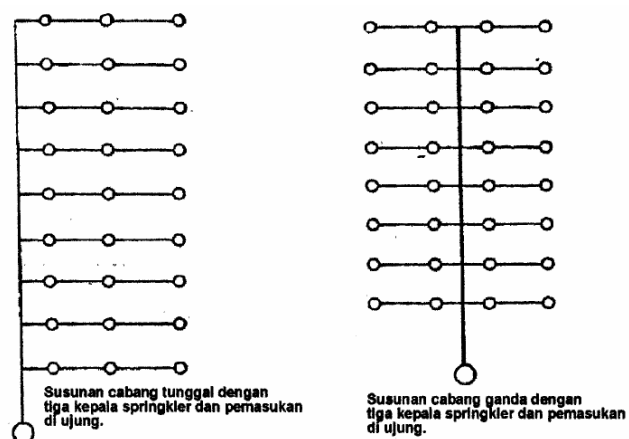
4. Susunan pemasukan di tengah

Susunan penyambungan dimana pipa pembagi mendapat aliran dari tengah



(sumber: SNI 03-3989-2000)

Gambar 2.1 Susunan pemasukan di tengah



(sumber: SNI 03-3989-2000)

Gambar 2.2 Susunan pemasukan di ujung.

2.1.4 Spesifikasi Kepala Sprinkler

Kepala *sprinkler* yang digunakan harus sesuai standar yang berlaku serta terdaftar. Sifat aliran kepala sprinkler harus dibedakan dalam tiga hal:

- Sprinkler pancaran ke bawah
- Sprinkler pancaran ke atas
- Sprinkler dinding / pancaran horizontal

Kepala sprinkler dengan ukuran lubang nominal lebih besar dari 10 mm boleh digunakan untuk daerah atau keadaan yang membutuhkan air lebih banyak.

1. Ukuran lubang kepala *sprinkler*

Ukuran nominal lubang kepala *sprinkler* yang diperbolehkan untuk masing-masing kelas bahaya kebakaran adalah:

Tabel 2.2 Ukuran lubang kepala *sprinkler*

No.	Klasifikasi Bahaya Kebakaran	Ukuran Nominal Lubang Kepala Sprinkler (mm).
1	Sistem bahaya kebakaran ringan	10
2	Sistem bahaya kebakaran sedang	15
3	Sistem bahaya kebakaran berat	20

(sumber: SNI 03-3989-2000)

2. Konstanta “k”

Konstanta “k” adalah koefisien untuk *component pressure loss* dari kepala *sprinkler*. Konstanta k untuk ketiga ukuran lubang kepala *sprinkler* di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Konstanta "k"

No.	Ukuran Nominal Lubang Kepala <i>Sprinkler</i> (mm).	Konstanta "k"
1	10	57 ± 5%
2	15	80 ± 5%
3	20	115 ± 5%

(sumber: SNI 03-3989-2000)

3. Tingkat suhu kepala *sprinkler*

Tingkat suhu kepala *sprinkler* otomatis ditunjukkan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.4 Tingkat suhu kepala *sprinkler*

Tingkat suhu untuk jenis sambungan lebur (°C)	Warna tangkai
68 / 74	Tanpa warna
93 / 100	Putih
141	Biru
182	Kuning
203 / 260	Merah

Tingkat suhu untuk jenis gelas bulb (°C)	Warna cairan dalam gelas
57	Jingga
68	Merah
79	Kuning
93	Hijau
141	Biru
182	Ungu
203 / 260	Hitam

(sumber: SNI 03-3989-2000)

Pemilihan tingkat suhu kepala *sprinkler* tidak boleh kurang dari suhu ruangan (30°C).

- Pada ruangan tersembunyi atau tanpa ventilasi, kepala *sprinkler* harus antara tingkat suhu 79°C - 100°C.

4. Jumlah maksimum kepala *sprinkler*

Kepala *sprinkler* yang dapat dipasang pada satu katup kendali bisa dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.5 Jumlah Maksimum Kepala *Sprinkler*

Klasifikasi Bahaya Kebakaran	Jumlah Kepala <i>Sprinkler</i> (buah)
Sistem bahaya kebakaran ringan	500
Sistem bahaya kebakaran sedang	1000
Sistem bahaya kebakaran berat	1000

(sumber: SNI 03-3989-2000)

5. Perhitungan Kapasitas Pancaran air di kepala *sprinkler*

Untuk menghitung kapasitas pancaran air di kepala *sprinkler*, digunakan:

$$Q = k \cdot \sqrt{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

(sumber: SNI 03-3989-2000)

keterangan:

- Q = Kapasitas Pancaran tiap kepala *sprinkler* (liter/menit)
- k = Konstanta yang ditentukan oleh ukuran nominal lubang *sprinkler*
- P = Tekanan air di Kepala *sprinkler* (kg/cm²)

2.1.5 Peletakan dan Jumlah Kepala *sprinkler*

1. Dinding dan pemisah

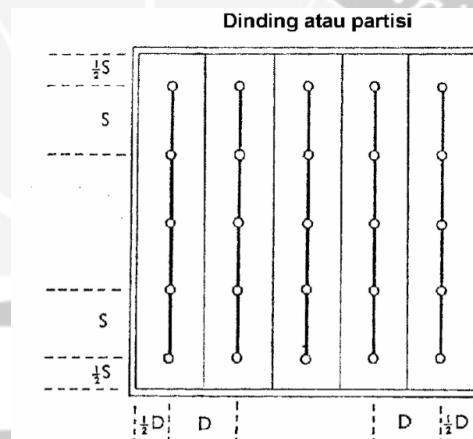
Jarak dinding dengan kepala *sprinkler* tidak boleh melebihi 2,3 m pada bahaya kebakaran ringan. dalam sistem bahaya kebakaran sedang dan berat tidak boleh melebihi 2m. Jika gedung tidak memiliki langit-langit dan sisi terbuka, maka jarak kepala *sprinkler* dari dinding tidak boleh melebihi dari 1,5 m.

2. Kolom

Kepala *sprinkler* harus diletakkan bebas dari kolom. Apabila tidak dapat dihindari dan jarak kepala *sprinkler* terhadap kolom kurang dari 0,6 m, maka harus ditempatkan sebuah kepala *sprinkler* tambahan pada jarak 2m dari sisi kolom yang berlawanan.

3. Balok

Kepala *sprinkler* harus diletakkan dengan jarak sekurang-lurangnya 1,2 m dari balok.



(sumber: SNI 03-3989-2000)

Gambar 2.3 Peletakan *sprinkler*

Dimana:

S = perencanaan penempatan kepala *sprinkler* pada pipa cabang.
D = jarak antara deretan kepala *sprinkler*

Nilai S dan D :

- Bahaya kebakaran ringan, maksimum 4,6 m.
- Bahaya kebakaran sedang, maksimum 4,0 m.
- Bahaya kebakaran berat, maksimum 3,7 m.

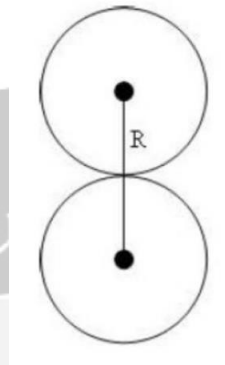
Kecuali pada penempatan secara bahaya kebakaran sedang khusus diijinkan

S x D = Bahaya kebakaran ringan < 21m²
 Bahaya kebakaran sedang < 12m²
 Bahaya kebakaran berat < 9m²

4. Jumlah deretan kepala *sprinkler*

- Ruang dengan lebar lebih kecil atau sama dengan 3,7 m, cukup dengan sederet *sprinkler* sepanjang ruangan saja. Untuk ruang yang lebarnya antara 3,7 m sampai 7,4 m harus dilengkapi dengan beberapa deretan *sprinkler*.
- Ruang dengan panjang lebih dari 9,2 m (kategori bahaya kebakaran ringan) atau lebih dari 7,4 m (kategori bahaya kebakaran sedang) deretan *sprinkler* harus dipasang selang-seling, sehingga setiap kepala *sprinkler* terletak pada garis tengah antara dua kepala *sprinkler* yang berhadapan.
- Ruang dengan lebar melebihi dari 7,4 m, maka deretan kepala *sprinkler* jenis konvensional (dipasang pada langit-langit) harus dipasang pada langit-langit di tengah antara dua deret kepala *sprinkler* sebagai tambahan sepanjang ruangan pada tiap sisinya.
- Di bagian tertentu dari bangunan bahaya kebakaran ringan seperti :ruang langit-langit, ruang besmen, ruang ketel uap, dapur, ruang binatu, gudang, ruang kerja bengkel dan sebagainya, luas maksimum dibatasi menjadi sebesar 9 m² tiap kepala *sprinkler* dan jarak maksimum antara kepala *sprinkler* 3,7 m.

- Menurut NFPA 15 jarak maksimum antar *sprinkler* 3,7 meter sehingga jari-jari jangkauannya adalah 1,85 meter. Kemudian dapat dicari jumlah kepala *sprinkler* tiap luas ruangan, yaitu :



(sumber: SNI 03-3989-2000)

Gambar 2.4 Jari-jari jangkauan tiap *sprinklerhead*

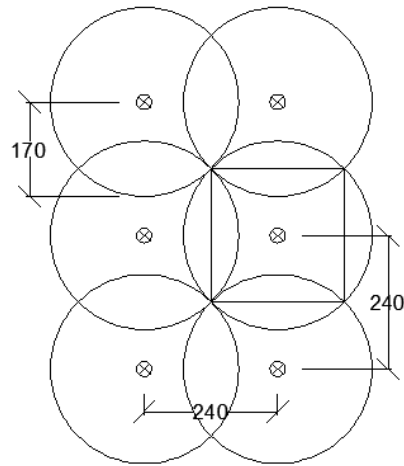
$$\begin{aligned}
 \text{Luas perlindungan sprinkler} &= \pi R^2 \\
 \text{Luas bangunan/ruangan} &= P \times L \\
 \text{Jumlah Sprinkler} &= \frac{\text{Luas Bangunan}}{\text{Luas perlindungan sprinkler}} \\
 &= \frac{P \times L}{\pi R^2} \dots\dots(2.2)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

R= Jari-jari *sprinkler* (1,85 m)
P = Panjang ruangan (m)
L = Lebar ruangan (m)

Dalam perencanaan menggunakan luas optimum jangkauan *sprinkler* sehingga seluruh ruangan dapat terlindungi, sehingga:

Perlindungan sistem bahaya ringan (basemen)



Gambar 2.5 Jarak Antar Kepala *Sprinkler*

Luas perlindungan 1 sprinkler yaitu 9 m^2

Maka didapat:

$$\begin{aligned}\pi \cdot r^2 &= 9 \text{ m}^2 \\ r^2 &= 2,86 \\ r &= 1,7 \text{ m}\end{aligned}$$

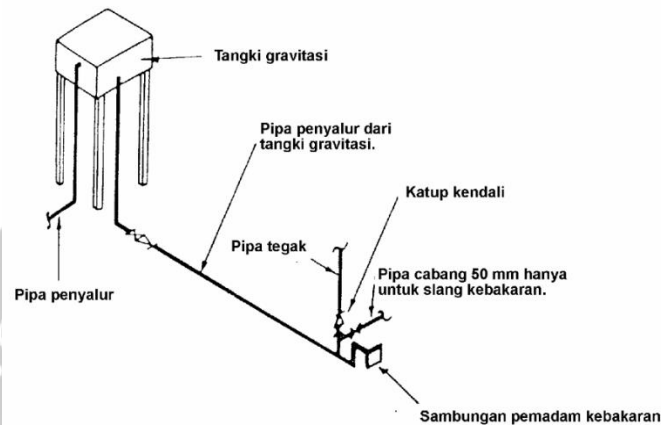
Maka luas perlindungan optimal 1 *sprinkler* adalah:

$$\begin{aligned}&= (\text{jarak antar kepala sprinkler})^2 \\ &= (2,4)^2 = 5,76 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2.1.6 Sumber Penyediaan Air

Tekanan serta kapasitas air yang digunakan harus dapat diandalkan disetiap saat, hal itu berpengaruh terhadap kapasitas dari sumber air. Air yang digunakan tidak boleh mengandung serat atau zat (garam) atau material lain (lumpur) yang dapat mengganggu kinerja *sprinkler*.

Tangki gravitasi merupakan salah satu model penyediaan air. Penyediaan air ini harus diletakkan pada ketinggian tertentu dan direncanakan dengan baik. Kapasitas dan letak ketinggian tangki harus memberikan aliran dan tekanan yang cukup.



(sumber: SNI 03-3989-2000)

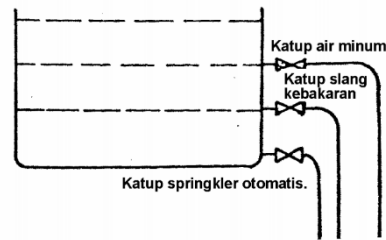
Gambar 2.6 Tangki Gravitasi.

Tangki gravitasi yang melayani keperluan rumah tangga, kran kebakaran dan sistem *sprinkler* otomatis harus :

Direncanakan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga dapat menyalurkan air dalam kualitas dan tekanan yang cukup untuk sistem tersebut.

Mempunyai lubang aliran keluar untuk keperluan rumah tangga pada ketinggian tertentu dari dasar tangki, sehingga persediaan minimum yang diperlukan untuk pemadam kebakaran dapat dipertahankan.

Mempunyai lubang aliran keluar untuk kran kebakaran pada ketinggian tertentu dari dasar tangki, sehingga persediaan minimum yang diperlukan untuk sistem *sprinkler* otomatis dapat dipertahankan.



(sumber: SNI 03-3989-2000)

Gambar 2.7 Sambungan pipa yang melayani keperluan rumah tangga, kran kebakaran, dan *sprinkler* otomatis pada tangki gravitasi.

2.1.7 Persyaratan Kapasitas Aliran dan Tekanan

Berdasarkan SNI 03-3989-2000 tentang “Tata Cara Perancangan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan” memiliki prasyarat kapasitas aliran dan tekanan yang dibagi menjadi tiga (3) sesuai dengan kelas system bahaya kebakaran yaitu:

Tabel 2.6 Persyaratan Kapasitas Aliran dan Tekanan

Sistem Bahaya Kebakaran	Debit	Tekanan	Keterangan
	(liter/menit)	(kg/cm ²)	
(1)	(2)	(3)	(4)
Ringan	225	2,2	Tekanan ditambah tekanan statik dari kepala <i>sprinkler</i> terjauh/tertinggi terhadap katup kendali. Tekanan diukur pada katup kendali.
Sedang	375-1000	0,7 - 1,4	
Berat	2300-4550	1,8 - 6,75	

(sumber: SNI 03-3989-2000)

2.2 Aliran Air Pada Pipa

Pipa merupakan saluran tertutup yang biasanya digunakan untuk mengalirkan fluida dengan penampang lingkaran dan tampang aliran penuh (Triatmojo 1996 :25). Apabila fluida dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Saluran terbuka mempunyai permukaan bebas sehingga tekanan dipermukaan zat cair disepanjang saluran adalah tekanan atmosfer, berbeda dengan aliran dalam pipa yang bisa memiliki tekanan lebih kecil atau lebih besar dari tekanan atmosfer di sepanjang saluran.

Fluida atau air memiliki sifat-sifat yang mempengaruhi statika atau dinamika dari fluida tersebut. Beberapa sifat dari fluida adalah:

2.2.1 Massa jenis (*Density*)

Massa jenis sebuah fluida ρ (rho), didefinisikan sebagai massa fluida per satuan volume. Massa jenis digunakan untuk mengkararakteristikan massa sebuah fluida.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{.....(2.3)}$$

Keterangan:

ρ = massa jenis, kg/m^3
 m = massa, kg
 V = volume, m^3

2.2.2 Berat jenis (*specific weight*)

Sebuah fluida memiliki berat jenis yang dilambangkan dengan huruf Yunani γ (*gamma*). Berat jenis merupakan berat fluida per satuan volume.

Persamaan dari hubungan berat jenis dengan kerapatan adalah:

$$\gamma = \rho g \quad \text{.....(2.4)}$$

keterangan :

γ = berat jenis, N/m³

ρ = massa jenis (kerapatan), kg/m³

g = percepatan gravitasi, m/s²

Tabel 2.7 Berat Jenis Berdasarkan Temperatur

Temperatur (t°C)	Berat Jenis N/m ³	Temperatur (t°C)	Berat Jenis N/m ³
20	0,9982	30	0,9957
21	0,9980	31	0,9954
22	0,9978	32	0,9951
23	0,9976	33	0,9947
24	0,9973	34	0,9944
25	0,9971	35	0,9941
26	0,9968	36	0,9937
27	0,9965	37	0,9934
27,5	0,9964	38	0,9930
28	0,9963	39	0,9926
29	0,9960	40	0,9922

Sumber : Bambang Triatmojo 1996

Harga kerapatan suatu fluida berbeda dengan fluida lainnya, untuk cairan pengaruh tekanan dan temperatur sangat kecil terhadap harga kerapatan.

2.2.3 Kekentalan (*Viscosity*)

Zat cair pada pipa merupakan zat cair riil. Zat cair riil merupakan zat memiliki nilai kekentalan, berbeda dengan zat cair ideal. Kekentalan terjadi karena adanya sifat kohesi antara partikel zat cair yang menyebabkan perbedaan kecepatan partikel dalam partikel dalam medan aliran. Aliran zat cair riil disebut juga aliran viskos. Aliran viskos memiliki nilai kekentalan (viskositas) yang terjadi pada temperatur tertentu. Tabel 2.8 memberikan sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer dan beberapa temperatur.

Tabel 2.8 Viskositas Air Berdasarkan Temperatur

Temperatur (t°C)	Viskositas Kinematik (V) m ² /dt	Temperatur (t°C)	Viskositas Kinematik (V) m ² /dt
0	1,795 x 10 ⁻⁶	50	0,556 x 10 ⁻⁶
5	1,519 x 10 ⁻⁶	60	0,477 x 10 ⁻⁶
10	1,308 x 10 ⁻⁶	70	0,415 x 10 ⁻⁶
20	1,007 x 10 ⁻⁶	80	0,367 x 10 ⁻⁶
30	0,804 x 10 ⁻⁶	90	0,328 x 10 ⁻⁶
40	0,661 x 10 ⁻⁶	100	0,296 x 10 ⁻⁶

Sumber : Bambang Triatmojo 1996 : 15

2.2.4 Persamaan Kontinuitas

Massa tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan dalam prinsip dasar persamaan kontinuitas. Rumus untuk massa dalam suatu sistem yang konstan adalah:

$$\rho_1 V_1 dA_1 = \rho_2 V_2 dA_2 \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Persamaan dapat digunakan untuk kontinuitas aliran dalam kondisi *steady*. Tetapi jika alirannya bersifat *incompressible* dan *steady flow*, persamaan yang digunakan adalah:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

keterangan:

- Q = debit per satuan waktu, m³/s
- A₁ = luas penampang masuk batas sistem, m²
- v₁ = kecepatan aliran masuk batas sistem, m/s
- A₂ = luas penampang masuk batas sistem, m²
- v₂ = kecepatan aliran masuk batas sistem, m/s

2.2.5 Persamaan Bernoulli

Persamaan berikut menunjukkan adanya hubungan antara tekanan, ketinggian, dan kecepatan:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz = \text{konstan} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Persamaan ini digunakan untuk aliran bersifat *incompressible*, berlaku pada sepanjang garis arus, atau jika aliran bersifat irrotasional berlaku pada semua titik di aliran.

2.2.6 Aliran Incompressible di Dalam Saluran

Aliran fluida saat di dalam pipa dapat bersinar laminar, transisi, dan turbulen. Bilangan Reynolds (Re) digunakan sebagai parameter untuk mengetahui jenis aliran.

Persamaan hasil analisa dimensional adalah:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots(2.8)$$

keterangan:

- ρ = massa jenis, kg/m³
- v = kecepatan rata-rata, m/s
- D = diameter, m
- μ = viskositas dinamik, kg/m.s

1. Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran yang gerakanya dalam lapisan-lapisan, laminan dengan satuan lapisan meluncur secara lancar. Pada aliran laminar viskositas dapat berfungsi sebagai peredam kecenderungan terjadinya gerakalan relatif antara lapisan. Hukum viskositas *Newton* pada aliran laminar:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Aliran Turbulen

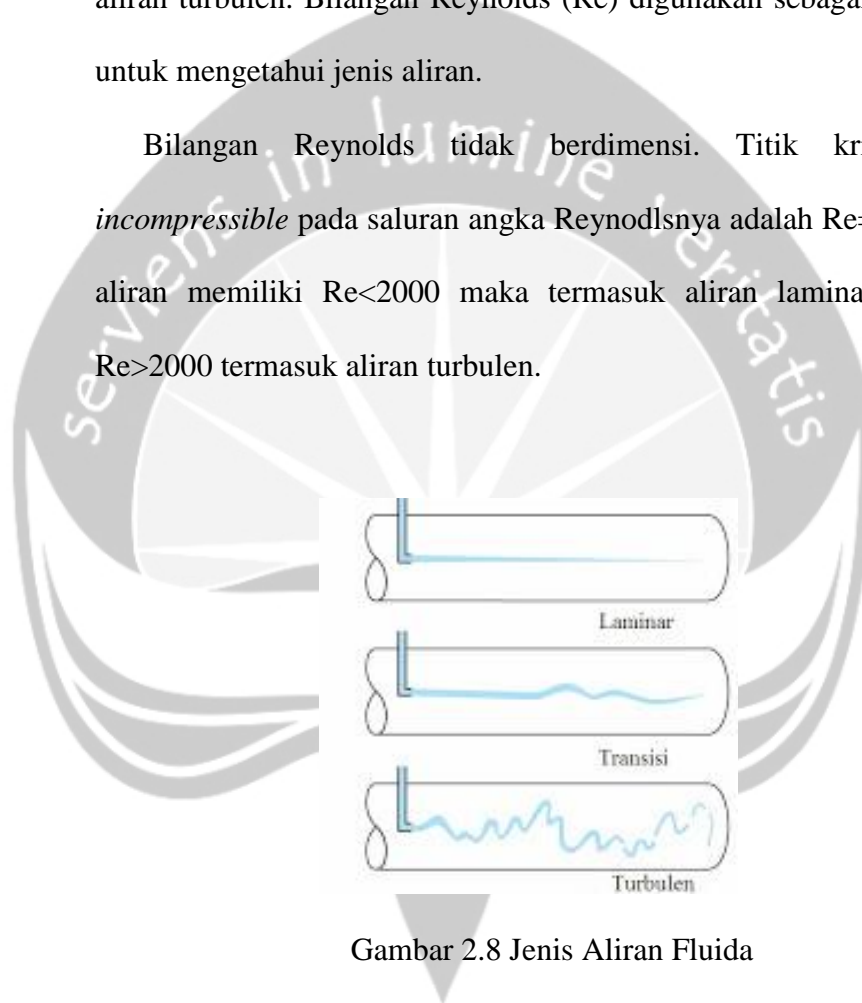
Aliran turbulen adalah aliran yang partikel-partikel fluidanya sangat tidak beraturan karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, akibatnya saling tukar menukar momentum dari satu bagian fluida ke fluida yang lain dalam skala yang benar. Pada

aliran turbulen turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata di seluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian aliran.

3. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran yang peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Bilangan Reynolds (Re) digunakan sebagai parameter untuk mengetahui jenis aliran.

Bilangan Reynolds tidak berdimensi. Titik kritis aliran *incompressible* pada saluran angka Reynodlsnya adalah $Re=2000$. Jika aliran memiliki $Re<2000$ maka termasuk aliran laminar dan jika $Re>2000$ termasuk aliran turbulen.



Gambar 2.8 Jenis Aliran Fluida

2.2.7 Head Loss

Head loss (H_t) adalah penjumlahan dari *head loss* mayor dan *head loss* minor. Ada dua macam *head loss*, yaitu *head loss* mayor dan *head loss* minor.

Rumus dari *head loss* adalah:

$$H_t = H_{lf} + H_{lm} \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

keterangan:

$$\begin{aligned} H_t &= \text{head loss total} \\ H_{lf} &= \text{head loss mayor} \\ H_{lm} &= \text{head loss minor} \end{aligned}$$

2.2.7.1 Head loss mayor (H_{lf})

Kehilangan energi akibat gesekan dikenal juga sebagai energi primer atau major loss. Terjadi karena adanya kekentalan zat cair dan gaya gesek akibat turbulensi pada kekasaran dinding batas pipa yang menyebabkan kehilangan energi sepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam. Kehilangan energi sepanjang satu satuan panjang akan konstan atau tidak akan berubah apabila kekasaran dan diameter tidak berubah. Untuk dapat menghitung head loss mayor, perlu diketahui lebih jelas awal jenis aliran fluida yang mengalir. Jenis aliran tersebut dapat diketahui melalui Reynold number.

Reynolds menunjukkan aliran dapat diklarifikasikan dalam suatu angka. Angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran di dalam pipa dengan nilai $\frac{\mu}{\rho D}$, yang disebut dengan angka reynolds (*reynolds number*). Angka Reynolds memiliki bentuk persamaan berikut:

$$Re = \frac{v}{\frac{\mu}{\rho D}} = \frac{\rho D v}{\mu} \text{ atau } Re = \frac{v D}{\nu} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{massa jenis fluida, kg/m}^3 \\ v &= \text{kecepatan fluida, m/s} \\ D &= \text{diameter dalam, m}^2 \end{aligned}$$

dengan ν (nu) adalah kekentalan kinematik. Reynolds menetapkan bahwa angka reynolds dibawah 2000, aliran pada kondisi laminer karena gangguan dapat diredam oleh kekentalan zat cair. Angka reynolds lebih dari 4000 maka kondisi aliran adalah turbulen. Apabila angka reynolds berada diantara dua nilai tersebut ($2000 < Re < 4000$) kondisi aliran adalah transisi. Angka reynolds pada kedua nilai di atas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut dengan batas kritik bawah dan atas.

Menurut *Darcy Weisbach*, Perhitungan *head loss mayor* dapat dilakukan dengan persamaan:

$$H_l = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.12)$$

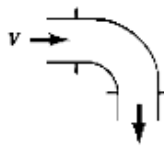
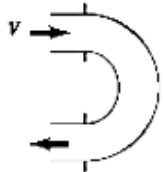
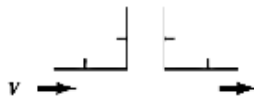
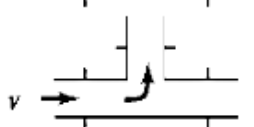

Keterangan:

- H_l = head loss mayor, m
- f = faktor gesekan (dapat diketahui melalui diagram *Moody*)
- L = panjang pipa, m
- D = diameter pipa, m
- v = kecepatan aliran, m/s

2.2.7.2 Head loss minor (H_{lm})

Kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris lainnya dikenal juga dengan kehilangan energi sekunder atau minor loss. Perubahan penampang yang terjadi adalah pembesaran penampang (*expansion*), pengecilan penampang, (*contraction*), belokan tau tikungan. Kehilangan energi sekunder terjadi karena adanya tumbukan antara partikel zat cair yang mengakibatkan meningkatnya gesekan karena

turbulensi serta distribusi kecepatan yang tidak seragam pada penampang pipa. *Head loss minor* biasanya terjadi karena adanya sambungan pipa (*fitting*) seperti katup (*valve*), belokan (*elbow*), saringan (*strainer*), percabangan (*tee*), *losses* pada bagian *entrance*, *losses* pada bagian *exit*, pembesaran pipa (*expansion*), pengecilan pipa (*contraction*), dan sebagainya, dibawah ini contoh gambar sambungan pipa dan nilai K:

Component	K_L	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded	0.08	
e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Gate, 1/4 closed	0.26	
Gate, 1/2 closed	2.1	
Gate, 3/4 closed	17	
Swing check, forward flow	2	
Swing check, backward flow	∞	
Ball valve, fully open	0.05	
Ball valve, 1/2 closed	5.5	
Ball valve, 2/3 closed	210	

Gambar 2.9 Koefisien *minor losses*

maka *minor loss* dapat didapatkan dengan persamaan:

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

keterangan:

- hl = Headlosses (m.hd)
- v = kecepatan aliran
- K = *loss* koefisien
- g = nilai gravitasi

2.2.8 Friction Factor

Friction Factor didefinisikan sebagai rasio antara kebutuhan kekuatan partikel untuk berjalan pada pipa dengan gesekan yang terjadi dalam pipa. *Friction factor* dapat dicari dengan persamaan *ColeBrook-White Friction Factor equations* seperti dibawah ini:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re_d} + \left(\frac{\varepsilon}{3,7d} \right)^{1,11} \right] \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

keterangan:

- f = *friction factor*
- Re_d = bilangan Reynolds
- ε = kekasaran relative
- d = diameter pipa

2.3 Perancangan dan Analisa Sistem *Sprinkler* Otomatis Pemadam *Fire Fighting* Hotel XX

Putri (2017), melakukan perancangan serta analisa sistem *sprinkler* otomatis pemadam *fire fighting* pada gedung hotel XX dengan luas area 12.624 m² yang terbagi dari 10 lantai bangunan. Perancangan yang dilakukan mengacu kepada standar-standar yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03-3989-2000 tentang “Tata Cara Perancangan dan Pemasangan Sistem *Sprinkler* Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan” dan standar internasional yaitu “*National Fire Protection Association (NFPA)*).

Bangunan gedung hotel XX dimasukkan pada klasifikasi bahaya kebakaran sedang, sehingga nilai *specific design* seperti luas perlindungan kepala *sprinkler*, ukuran lubang kepala *sprinkler*, konstanta “k”, didapatkan sesuai standar SNI dan NFPA pada kelas bahaya kebakaran sedang. Pehitungan hidrolik untuk *pressure loss* pada komponen pipa dilakukan menggunakan persamaan perhitungan *Hazen-Williams*.

Perancangan yang dilakukan oleh Putri mendapatkan hasil total *sprinkler* yang dibutuhkan gedung Hotel XX sebanyak 1.026 buah yang didapat dari luas area dibagi dengan luas perlindungan kepala *sprinkler*, kebutuhan debit rata-rata tiap *sprinkler* didapatkan 73,81 liter/menit yang didapat dari luas perlindungan kepala *sprinkler* dikalikan dengan *density* yang didapat dari standar NFPA.