

## BAB II

### GAMBARAN UMUM LOKASI DAN LITERATUR STUDI

#### 2.1 Gambaran Umum Lokasi

##### 2.1.1 Letak dan Luas Lokasi Studi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang merupakan salah satu Perguruan Tinggi Negeri di Kota Malang yang diresmikan pada tahun 2004. UIN Malang memiliki tiga kampus, Kampus I menjadi kampus utama yang menjadi pusat perkuliahan saat ini. Kampus III yang terletak di Kota Batu saat ini masih dalam pembangunan yang mempunyai luas area keseluruhan sekitar 110 hektar. Pembangunan Kampus III menganut kebijakan tata ruang yang berlaku berdasarkan pola ruang pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), dimana mengharuskan adanya ruang terbuka. (Muchlis et al., 2019)

Secara geografis lokasi studi berada pada koordinat  $7,52^{\circ} 55' 14''$  Lintang Selatan (LS) dan  $112,31^{\circ} 32' 34''$  Bujur Timur (BT). Lokasi studi berada di Jl. Locari, Tlekung, Kec. Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur yang menghubungkan antara Kabupaten Malang dan Kota Batu. Pada sisi utara lokasi studi berbatasan dengan Desa Beji, pada sisi selatan berbatasan dengan Desa Gadingkulon, pada sisi timur berbatasan dengan Desa Junrejo dan pada sisi barat berbatasan dengan Desa Oro – oro ombo.

Lokasi pembangunan Laboratorium Sentral Fakultas Kedokteran Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim berada di daerah kompleks Ar – Rahim yang dibangun diatas lahan seluas 12 hektar dari total luas lahan Kampus III UIN Malang. Komplek Ar – Rahim terdapat beberapa gedung, yaitu Gedung Fakultas Kedokteran, Fakultas Farmasi, Fakultas Teknik 1, Fakultas Teknik 2, Ma'had Putra, Ma'had Putri, Islamic Tutorial Center, Data Center, dan Gedung Laboratorium Sentral. (Madyansyah, 2023)

##### 2.1.2 Kondisi Topografi

Terletak di dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 850 meter diatas permukaan laut, area Kampus III UIN Malang memiliki topografi berupa perbukitan dan dataran tinggi. Daerah sekitar Kampus III Malang juga memiliki kontur tanah yang bergelombang, lereng yang curam dan lembah yang subur.

Kondisi daerah seperti ini yang menciptakan banyak mikroklimat yang mendukung pertanian, khususnya untuk tanaman sayur dan buah.

Kondisi topografi yang bergelombang mempengaruhi penataan kampus, dimana bangunan - bangunan harus disesuaikan dengan kontur tanah yang tidak rata. Beberapa area kampus mungkin memerlukan desain infrastruktur yang tanggap terhadap kondisi lereng dan elevasi untuk memastikan keamanan serta kenyamanan mahasiswa dan staf. Namun, dengan kondisi yang bergelombang di beberapa titik area menjadikan potensi untuk pengembangan yang kreatif dan inovatif.

### **2.1.3 Kondisi Geologi dan Mekanika Tanah**

Geologi UIN Kampus III Malang dipengaruhi oleh kondisi geologis wilayah yang kaya dengan aktivitas vulkanik. Kawasan ini didominasi oleh batuan vulkanik terutama andesit dan basalt, yang terbentuk akibat letusan gunung berapi dari masa lalu. Maka untuk mengetahui kondisi tanah pada lokasi proyek pembangunan laboratorium sentral diperlukan adanya penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah tersebut berupa pengambilan tanah pada rencana lokasi studi yang biasa disebut sondir atau *boring*. Penyelidikan tanah yang digunakan di lokasi studi ialah *boring* dengan pengambilan tanah sedalam 30 meter

Lokasi perencanaan bertempat di Desa Tlekung Kecamatan Junrejo Kota Batu. Berdasarkan data *boring* yang didapatkan dari tes *boring* di lokasi studi, terdapat 2 titik pengujian tes boring yang didapat. Berdasarkan data borlog yang telah dilakukan pada kedalaman sekitar 0 – 10 meter tanah berjenis lanau berlempung dimana memiliki tingkat kekerasan sedang, pada kedalaman sekitar 10 – 22 meter tanah berjenis breksi tuf lanau lapuk yang merupakan tanah dengan tingkat kekerasan sangat keras, dan pada kedalaman sekitar 22 – 30 meter tanah berjenis tuf lanau lapuk yang merupakan tanah yang sangat padat.

Dalam menentukan parameter geoteknik, biasanya dilakukan setidaknya tiga jenis pengujian laboratorium yaitu adalah Uji Kompresi Tak Terbatas (*Unconfined Compression Strenght Test*), Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*) dan Uji Triaxial (*Triaxial Test*) yang bertujuan untuk memperoleh nilai kohesi (C)

dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Hasil pengujian ini nantinya akan digunakan dalam analisis kestabilan tanah untuk menghitung nilai faktor keamanan. Pada lokasi studi perencanaan memiliki tipe tanah berbutir halus (kohesif) yaitu lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan adanya lekatan antara butir tanah atau biasa disebut kohesi (C). Pada kondisi alamiah di lapangan, material tanah maupun batuan selalu bercampur sehingga kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan dan gesekan karena adanya sudut geser dalam butir batuan dan tanah.

#### 2.1.4 Kondisi Demografi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang memiliki mahasiswa aktif sebanyak 24.224 mahasiswa hingga tahun 2022. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan sendiri memiliki mahasiswa sebanyak 946 mahasiswa hingga tahun 2022. Berdasarkan data PDDikti, pada tahun 2023 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Malang memiliki mahasiswa sebanyak 1116 mahasiswa yang tergabung dalam 4 program studi yaitu prodi Kedokteran, Farmasi, serta Profesi Dokter dan Profesi Apoteker.

**Tabel 2.1** Jumlah Mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN MALIKI Malang

Tahun	S1 Kedokteran	S1 Farmasi	Profesi Dokter	Profesi Apoteker	Total/Tahun
2020	203	526	27	-	756
2021	218	560	72	-	850
2022	218	601	127	-	946
2023	230	698	108	80	1116
Total	869	2385	334	80	3668

Sumber: FKIK UIN Malang

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang menjadi salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) ternama dan juga menjadi kampus favorit. Tak hanya diminati masyarakat lokal saja, tetapi juga masyarakat dari berbagai penjuru dunia. Terbukti, hingga tahun 2021 UIN Malang memiliki mahasiswa asing sebanyak 499 orang. Mahasiswa asing tersebut berasal dari berbagai penjuru dunia, diantaranya berasal dari Mesir, Pakistan, Irak, Afghanistan hingga Palestina. Dengan jumlah mahasiswa asing tersebut menobatkan UIN Malang

menjadi perguruan tinggi terbanyak yang memiliki mahasiswa asing diantara Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri (PTKIN) lainnya. (Sudiongo, 2021)

### 2.1.5 Kebutuhan dan Fungsi Tata Ruang

Kebutuhan ruang di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang menjadi perhatian khusus bagi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Perencanaan tata ruang pada UIN Malang terkait dengan batas dan sistemnya berdasarkan aspek fungsional. Ruang yang terbatas menjadi dasar dibuatnya rencana tata ruang sebagai kebutuhan pedoman mengatur dan merencanakan ruang pada suatu bangunan agar dimanfaatkan secara efektif. Fasilitas ruang yang ada seperti, ruang kuliah, ruang diskusi, ruang baca, student center serta laboratorium.

**Tabel 2.2** Fasilitas Laboratorium Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan

<b>Prodi Pendidikan Dokter</b>	<b>Prodi Farmasi</b>
Lab. Keterampilan Klinis	Lab. Hewan Coba
Lab. Anatomi	Lab. Botani Farmasi
Lab. Fisiologi	Lab. Kimia Farmasi
Lab. Farmakologi	Lab. Teknologi Farmasi Non Steril
Lab. Histologi	Lab. Teknologi Farmasi Steril
Lab. Patologi Anatomi	Lab. Farmasetika
Lab. Mikrobiologi	Lab. Simulasi Apotek
Lab. Parasitologi	Lab Riset 1 dan 2
Lab. Hewan Coba	
Lab. Biokimia	
Lab. Patologi Klinik	

*Sumber: FKIK UIN Malang*

Hingga tahun 2021 terdapat 19 laboratorium di FKIK UIN Malang, yang dikelola dan digunakan dengan baik oleh program studi. Namun, terdapat dua departemen yang ruang laboratoriumnya masih tergabung, seperti departemen Fisiologi dengan Farmakologi hingga departemen Biokimia dan Patologi Klinik. Yang dimana setiap laboratorium mempunyai fungsi yang berbeda – beda dan

juga seiring meningkatnya jumlah mahasiswa tiap tahunnya maka diperlu kan pengembangan fasilitas laboratorium agar memenuhi kapasitas.

### **2.1.6 Kondisi Hidrologi dan Klimatologi**

Kota Batu merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Timur yang terletak pada ketinggian rata – rata 871 m di atas permukaan laut. Kota Batu dikelilingi beberapa gunung diantaranya Gunung Anjasmoro (2277 m), Gunung Arjuno (3339 m), Gunung Banyak, Gunung Kawi (2651 m), Gunung Panderman (2040 m) dan Gunung Welirang (2156 m). Klimatologi Kota Batu memiliki suhu minimum 18°C - 24°C dan suhu maksimum 28°C - 32°C. Kota Batu menjadi bagian terpenting dari daerah aliran sungai (DAS) Brantas yang terletak di hulu Sungai Brantas. Keberadaannya sangat vital dimana wilayah Kota Batu merupakan salah satu daerah tangkapan air hujan dan juga sebagai pengendali banjir di DAS Brantas.(Mahzum, 2015)

Lokasi studi secara umum merupakan wilayah dengan iklim hujan tropis bermusim. Tidak terlalu jauh berbeda dengan kondisi iklim pada Kota Batu. Berdasarkan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Karangploso tahun 2022, yang dimana stasiun yang paling dekat dengan lokasi studi, pada bulan Oktober - Februari mengalami kenaikan curah hujan. Sedangkan pada bulan Juli - September mengalami musim kemarau. Curah hujan rata-rata tahunan berkisar antara 140,00 – 250,00 mm.

## **2.2 Literatur Studi**

### **2.2.1 Struktur Atas**

Struktur bangunan yang ditinggikan di atas tanah dikenal sebagai suprastruktur. Setiap komponen bangunan atas ini termasuk kolom, pelat, balok serta tulangan baja memiliki peran penting. Struktur atas bangunan merupakan komponen penting untuk perencanaan sebuah bangunan yang terdiri dari elemen penting yang menjadi satu kesatuan. Proses perencanaan bangunan gedung bertingkat mengacu pada Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019), Standar Perancangan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019), Beban Desain Minimum dan Kriteria Untuk Bangunan Gedung dan Bangunan Lainnya (SNI 1727-2020),

dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 1729-2020).

### 2.2.1.1 Perencanaan Atap

#### 1. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2020 faktor beban dan kombinasi pembebanan structural ditentukan sebagai berikut:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

$D$  = Beban mati     $L_r$  = Beban hidup atap

$L$  = Beban hidup     $E_v$  = Pengaruh gaya seismik vertical

$S$  = Beban salju     $E_h$  = Pengaruh gaya seismik horizontal

$R$  = Beban hujan     $W$  = Beban angin

#### 2. Gording

Gording merupakan bagian dari atap yang diletakkan diatas beberapa kuda-kuda yang berguna untuk menahan beban atap. Gording membagi bentangan atap dalam jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Terdapat tiga jenis beban yang dapat dianalisis dalam perhitungan dimensi gording, diantaranya: beban mati, beban hidup, dan beban angin. (Wibowo et al., 2017)

#### 3. Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi sebagai pengikat dari keseluruhan rangka struktur atap. Ikatan angin dipasang dengan memberikan baut pengeras di setiap ujungnya agar dapat menahan beban angin yang diterima.

#### **4. Kuda – kuda**

Kuda-kuda merupakan konstruksi bagian atas bangunan yang berfungsi untuk menahan beban atap dan juga beban sendiri serta memberikan bentuk pada struktur atap. Bahan struktur kuda-kuda atap suatu bangunan biasanya terbuat dari baja, beton, maupun kayu. Pemilihan bahan kuda-kuda yang akan digunakan harus mempertimbangkan beberapa faktor dari kekuatan, ketersediaan, daya tahan maupun metode pelaksanaan.

#### **5. Kolom Pendek Baja**

Kolom pendek baja atap merupakan struktur penyangga vertikal yang terbuat dari profil baja seperti profil H atau I atau baja ringan yang digunakan untuk menahan beban atap dengan karakteristiknya yang mengacu pada rasio kelangsingannya. Kolom pendek juga berfungsi sebagai penghubung vertikal antara bagian bawah rangka atap dengan struktur di bawahnya.

#### **6. Sambungan**

Sambungan pada konstruksi atap melibatkan sambungan antar batang, sambungan dengan pelat, dan sambungan untuk penutup atap. Sambungan baut pada atap digunakan untuk konstruksi yang membutuhkan fleksibilitas atau perbaikan. Sambungan las memberikan kekuatan yang lebih tinggi karena material tidak perlu dilubangi.

##### **2.2.1.2 Perencanaan Pelat**

Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom maupun dinding. Pelat pada bangunan gedung umumnya menggunakan pelat beton bertulang yang memiliki sifat kaku sebagai pendukung balok dan beban yang terjadi.

## 1. Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung, terdapat beberapa jenis beban yang bekerja pada struktur bangunan antara lain:

### a) Beban Mati

Beban mati meliputi berat sendiri pelat, berat plafond + penggantung, berat instalasi MEP, dan berat spesi.

### b) Beban Hidup

Beban hidup meliputi beban guna atap, beban hidup laboratorium, dan beban hidup auditorium.

### c) Beban Kombinasi

## 2. Momen Pada Pelat

Perhitungan momen pada pelat melibatkan penentuan jenis tumpuan yakni satu arah atau dua arah. Menurut PBI-71 diberikan tabel koefisien momen lentur yang memungkinkan penentuan nilai momen dari masing – masing arah. Setiap jenis pelat dianalisis berdasarkan kondisi tumpuan bagian tepinya.

Tabel 2.3 Distribusi Momen pada Pelat Dua Arah

	Tepi eksterior tak terkekang	Pelat dengan balok antara semua tumpuan	Pelat tanpa balok antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

### 3. Penulangan Pada Pelat

Perencanaan penulangan pelat dilakukan dengan mengambil lebar pelat sebesar 1 satuan panjang (1 meter atau 1000 mm). Untuk menghitung penulangan pada pelat adalah sebagai berikut:

a) Menentukan tebal pelat

Berdasarkan SNI 2847:2019 tabel 8.3.1.2 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung) adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.4** Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok diantara Tumpuan pada Semua Sisinya

$\alpha_{fm}^{[1]}$	$h$ minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 2,0$	8.3.1.1 berlaku	(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b) <sup>[2],[3]</sup>
	125	(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) <sup>[2],[3]</sup>
	90	(e)

b) Menentukan tebal selimut beton

Berdasarkan SNI 2847:2019 tabel 20.6.1.3.1 tentang ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat dan pasal 20.7.5 yang menyatakan bahwa ketebalan selimut beton untuk pipa yang ditanam dengan dudukan (*fitting*) harus paling tidak 40 mm untuk beton yang terpapar cuaca dan paling tidak 20 mm untuk beton yang tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah.

c) Menentukan pelat satu arah / dua arah

Penentuan pelat satu arah atau dua arah dapat dihitung dengan perbandingan nilai  $l_y/l_x$ . Dimana  $l_y$  adalah nilai bentang sumbu y dan  $l_x$  adalah nilai bentang sumbu x. Jika hasil  $\geq 2$  maka termasuk pelat satu arah dan jika  $< 2$  maka termasuk pelat dua arah.

d) Menentukan nilai momen

Menentukan nilai momen tumpuan dan lapangan untuk arah x maupun arah y dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dari koefisien tabel 2.2 dengan melihat perbandingan  $l_y/l_x$  dan menganalisis berdasarkan kondisi tumpuannya.

e) Menentukan nilai  $\beta_1$

Menentukan nilai  $\beta_1$  dapat diketahui berdasarkan SNI 2847:2019 tabel 22.2.2.4.3 sebagai berikut.

**Tabel 2.5** Nilai  $\beta_1$  Untuk Distribusi Tegangan Beton Persegi Ekuivalen

$f_c', \text{ Mpa}$	$\beta_1$	
$17 \leq f_c' \leq 28$	0,85	a)
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05 \times (f_c' - 28)}{7}$	b)
$f_c' \geq 55$	0,65	c)

f) Menentukan besarnya rasio penulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times k}{f_y}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

g) Pemeriksaan rasio tulangan

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dipakai } \rho$$

$$\rho_{min} > \rho < \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dipakai } \rho_{min}$$

$$\rho_{min} > \rho > \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dimensi diubah}$$

h) Luas Tulangan

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d$$

Dimana:

$\rho_{pakai}$  = nilai  $\rho$  yang digunakan dari pemeriksaan rasio tulangan

- b = lebar balok (m)  
d = tinggi efektif balok (m)

i) Kontrol Momen

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$Mn = As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mr = \theta \times Mn$$

$$Mr \geq Mu$$

### 2.2.1.3 Perencanaan Balok

Balok adalah elemen horizontal panjang yang memiliki ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat lantai ke kolom sebagai penyangga vertikal. Berikut tahapan dalam merencanakan balok beton bertulang.

#### 1. Perencanaan Tulangan Lentur

a) Rasio penulangan

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{f'c - 28}{7} \times 0,05$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c}{fy} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

b) Pemeriksaan rasio tulangan

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dipakai } \rho$$

$$\rho_{min} > \rho < \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dipakai } \rho_{min}$$

$$\rho_{min} > \rho > \rho_{max} \rightarrow \text{maka, dimensi diubah}$$

c) Luas tulangan

$$As = \rho_{min} \times b \times d$$

$$\text{Tulangan Susut} \rightarrow As = \rho \times b \times d$$

$\rho$  = rasio tulangan minimum (dapat dilihat di SNI 2847:2019 tabel 24.4.3.2)

d) Kontrol Regangan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$Cc = 0,85 \times f'c \times b \times a$$

$$T = As \times fy$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003$$

e) Kontrol Momen

$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mr = \theta \times Mn$$

$$Mr \geq Mu$$

**2. Perencanaan Tulangan Geser**

a) Momen lentur maksimum

$$apr = \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$mpr = As \times fy \times \left(d - \frac{apr}{2}\right)$$

$$Vpr = \frac{mpr1 + mpr2}{ln}$$

$$Ve = Vpr \pm Vg$$

$$Vpr \geq \frac{1}{2} Ve$$

b) Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh Tulangan Geser

(Vs)

$$Vs = \frac{vpr}{\phi} - Vc$$

$$Vs \text{ maks} = 0,66 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$Vs < Vs \text{ maks}$$

c) Penulangan Geser

$$Av = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vg}$$

$$S_{max1} = \frac{d}{4}$$

$$S_{max2} = 6 \times db$$

$$S_{max3} = 150 \text{ mm}$$

$$V_{Saktual} = \frac{Av \times fy \times d}{s}$$

$$V_n = V_c + V_{Saktual}$$

d) Kontrol Tulangan Geser

$$\phi V_n \geq V_u$$

#### 2.2.1.4 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur vertikal yang berfungsi meneruskan beban aksial dan diteruskan ke pondasi. Keruntuhan pada kolom dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan setelahnya dapat menyebabkan runtuhnya seluruh struktur bangunan. Kolom harus dirancang lebih kuat daripada balok untuk menjadi konsep desain struktur tahan gempa.

##### 1. Syarat Gaya Aksial

$$P_u \max > 0,1 \times A_g \times f'_c$$

##### 2. Syarat Sisi Pendek

$$\text{Rasio } b_w/h > 0,4$$

##### 3. Syarat Rasio Dimensi Penampang

$$B_w > 300 \text{ mm}$$

##### 4. Perencanaan Tulangan Longitudinal

a) Kelangsingan Kolom

$$I_k = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{k \times Lu}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{m_1}{m_2} \right) \text{ (elemen struktur tekan bergoyang)}$$

$$\frac{k \times Lu}{r} \geq 22 \text{ (elemen struktur tekan tidak bergoyang)}$$

Dimana:

k = Faktor panjang efektif (tergantung apakah struktur rangka bergoyang atau tidak)

Lu = Panjang tak tertumpu kolom

r = Jari-jari girasi penampang

b) Pembesaran Momen Akibat Kelangsingan

Nilai faktor pembesaran momen dihitung untuk arah x dan y, dengan memperhitungkan pengaruh momen sebagai berikut:

M1ns = Nilai momen yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor akibat beban yang tidak menimbulkan goyang ke samping yang berarti (non sway).

M1s = Nilai momen yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang bebrarti (sway).

M2ns = Nilai momen yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor akibat beban yang tidak menimbulkan goyang ke samping yang berarti (non sway).

M2s = Nilai momen yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang bebrarti (sway).

$$EI = \frac{0,4 \times Ec \times Ik}{1 + \beta ds}$$

$$Pc = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu^2)}$$

$$Cmx = 0,6 + 0,4 \times \frac{Mx1ns}{Mx2ns}$$

$$\delta ns = \frac{Cmx}{1 - \frac{Pu}{0,75 \times pc}}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 syarat nilai  $\delta ns \geq 1$ , maka nilai pembesaran momen terfaktor dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Mx1 = Mx1ns + \delta Mx1s$$

$$Mx2 = Mx2ns + \delta Mx2s$$

c) Penulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2019 penulangan kolom SRPMK memiliki Batasan luas tulangan beton sebesar:

$$1\% A_g < A_g < 6\% A_g$$

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u}$$

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u}$$

d) Kontrol Kapasitas Penampang Lentur

- Kontrol Kapasitas Penampang Keadaan Seimbang

Jika nilai  $E_s = 200000 \text{ Mpa}$ , maka:

$$C_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$\beta = 0,85 - \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05$$

$$a_b = \beta \times C_b$$

- Pemeriksaan Regangan Baja pada Tiap Baris Kolom

$$f_s' = \epsilon_s \times E_s$$

- Kapasitas Penampang Daerah Tekan

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a_b \times b$$

$$C_s = A_s \times (f_s' - (0,85 \times f_c'))$$

- Kapasitas Penampang Daerah Tarik

$$T = A_s \times f_s'$$

- Kapasitas Penampang

$$\phi P_n = 0,65 \times (C_c + \Sigma C_s - \Sigma T) > P_u$$

- Kapasitas Penampang Kolom pada Keruntuhan Tarik

$$m = \left( \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \right)$$

$$p = \left( \frac{A_s}{b \times d} \right)$$

$$P_n = 0,85 \times f_c' \times b \times d \times \left( \frac{h - 2 \times e}{2d} \right) + \left( \frac{h - 2 \times e}{2d} + \right.$$

$$\left. \sqrt{\left( \frac{h - 2 \times e}{2d} \right)^2 + 2mp \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right)$$

- Cek Kapasitas Tahanan Momen Kolom

$$\phi M_n = \phi P_n \times e$$

$$\phi M_n > M_u$$

## 5. Perencanaan Tulangan Geser

Gaya geser dikarenakan gempa yang dihitung mewakili setidaknya setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang panjang komponen struktur tersebut. Besarnya nilai  $M_{pr}$  dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_{pr} = (A_s \times 1,25 \times f_y) \times \left(d - \frac{a_{pr}}{2}\right)$$

Dengan:

$$A_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'c \times b}$$
$$V_e = \frac{m_{pr1} + m_{pr2}}{l_n}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.2, tulangan transversal harus didesain sebagai penahan gaya geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$ , bila memenuhi syarat berikut:

$$V_e > \frac{1}{2} V_u$$

$$P_u \text{ maks} > 0,2 \times A_g \times f'c$$

Jika terdapat syarat yang tidak memenuhi, maka kontribusi nilai  $V_c$  harus dihitung dengan:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V_c < V_e$$

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.5, jarak tulangan Sengkang tidak boleh melebihi dari:

$$S < 6 d_b$$

$$S < 150 \text{ mm}$$

### 2.2.1.5 Perencanaan Sloof

Sloof adalah balok horizontal yang termasuk elemen struktur balok, umumnya terbuat dari beton bertulang yang diletakkan di atas pondasi untuk mendistribusikan beban bangunan secara merata ke seluruh pondasi, serta berfungsi sebagai pengunci dan pengikat terhadap dinding dan kolom agar bangunan stabil jika terjadi pergeseran tanah.

## 2.2.2 Struktur Bawah

Struktur bawah bangunan terdiri dari struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk menahan beban dari bangunan atas yang diteruskan ke dalam tanah keras. Perencanaan struktur bawah harus direncanakan dengan cermat dan benar. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal. (Long et al., 2019)

### 2.2.2.1 Pilecap

Pilecap merupakan salah satu konstruksi bangunan untuk menyatukan sekelompok tiang pancang menjadi satu kesatuan. Pilecap juga berfungsi untuk mendistribusikan beban dari kolom ke masing-masing tiang. Serta memperluas kontak tiang dengan tanah yang secara signifikan meningkatkan daya dukung dan kestabilan pondasi secara keseluruhan. Selain itu pilecap dapat mengurangi eksentrisitas dengan mencegah beban terpusat di satu tiang saja.

#### 1. Penulangan Pada Pilecap

Perencanaan tulangan terhadap pelat penutup tiang atau pilecap diasumsikan sebagai balok, sehingga penulangan pilecap dapat dihitung sesuai dengan perhitungan penulangan pada balok.

$$K = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c}{fy} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\text{Syarat: } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$As = \rho_{pakai} \times b \times d_{rencana}$$

Selanjutnya direncanakan diameter serta jarak antar tulangan yang disesuaikan dengan luas tulangan yang telah dihitung. Tinggi efektif yang digunakan dapat diperiksa jika  $d_{pakai}$  lebih besar dari  $d_{rencana}$

$$D_{pakai} = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$$

Kontrol kapasitas momen terhadap momen ultimit dapat dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$
$$Mn = As_{pakai} \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$
$$\emptyset Mr > Mu$$

#### 2.2.2.2 Pondasi

Pondasi merupakan bagian terpenting dalam struktur bangunan, khususnya bangunan gedung bertingkat. Pondasi merujuk pada elemen di bawah tanah atau batuan di sekitarnya yang akan terpengaruh oleh struktur dan beban dari bagian bawah tersebut. Secara umum pondasi dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pondasi dalam dapat diartikan sebagai pondasi yang menerima serta meneruskan beban bangunan yang besar kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras. Pondasi dangkal dapat diartikan sebagai pondasi yang mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan.

##### 1. Pemilihan Jenis Pondasi

Pemilihan pondasi dapat dilakukan berdasarkan daya dukung tanah sebagai berikut:

- a) Jika tanah keras berada pada permukaan tanah atau 2-3 m dibawah permukaan tanah maka pondasi yang disarankan yaitu pondasi dangkal (pondasi telapak).
- b) Jika tanah keras berada pada kedalaman hingga 6 m maka pondasi yang disarankan yaitu pondasi tiang bor manual.

- c) Jika tanah keras berada pada kedalaman hingga 10 m maka pondasi yang disarankan yaitu pondasi dalam (pondasi sumuran atau pondasi minipile).
- d) Jika tanah keras berada pada kedalaman hingga 20 m atau lebih maka pondasi yang disarankan yaitu pondasi dalam (pondasi tiang pancang atau pondasi tiang bor).

## 2. Daya Dukung Izin Tiang

Daya dukung tiang merupakan kemampuan tiang untuk menahan beban saat runtuh. Kekuatan tekan dan tarik dari tiang ijin dapat diperiksa. Apabila direncanakan berat tiang normal atau kecil, maka dapat digunakan *spun pile* pracetak dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{N} = \frac{N1+N2}{2}$$

$$Q = qd \times A$$

$$Ru = Q + U \times \sum li \times fi$$

$$Ra = \frac{qd \times a}{FK} + \frac{U \times \sum li \times fi}{FK}$$

Dimana:

$\bar{N}$  = Harga N rata-rata

N1 = Besar N di ujung tiang

N2 = Besar rata-rata nilai N dengan jarak 4D dari ujung tiang

Ru = Daya dukung ultimit pada tiang (ton)

Ra = Daya dukung tiang yang diizinkan (ton)

qd = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

U = Panjang keliling tiang (m)

li = Panjang segmen tiang yang ditinjau (m)

fi = Gaya geser segmen tiang yang ditinjau (ton/m<sup>2</sup>)

Fk = Faktor keamanan, 3 dan 5

## 3. Perencanaan Kelompok Tiang

Perencanaan kelompok tiang perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah tiang dalam satu pilecap. Jumlah tiang yang diperlukan

dapat dihitung dengan membagi terhadap gaya aksial yang terjadi. Selain itu perencanaan kelompok tiang penting dilakukan untuk mengetahui efisiensi hingga beban maksimum dan minimum tiang yang akan digunakan.

$$\text{Jumlah tiang (np)} = \frac{Pu}{Ra}$$

$$\text{Jarak antar tiang} = 2,5 \times D$$

$$\text{Jarak tiang ke tepi} = 1,5 \times D$$

$$\theta = \arctan \times \frac{D}{S}$$

$$Eg = 1 - \theta \times \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times (m \times n)}$$

Dimana:

D = Diameter tiang (m)

S = Jarak antar tiang (m)

n = Jumlah tiang dalam satu baris (baris)

m = Jumlah baris tiang (tiang)

Beban Minimum dan Maksimum Tiang Kelompok:

$$P \text{ maks} = \frac{Pu}{np} \pm \frac{Mx \times Y_{max}}{nx \times \sum y^2} \pm \frac{My \times X_{max}}{ny \times \sum x^2}$$

Dimana:

P maks = Beban maksimum pada tiang (ton)

Pu = Beban gaya aksial (ton)

Mx = Momen pada sumbu x (m.ton)

My = Momen pada sumbu y (m.ton)

Y max = Jarak antar tiang terhadap sumbu y terjauh

X max = Jarak antar tiang terhadap sumbu x terjauh

$\sum y^2$  = Jumlah kuadrat Y

$\sum x^2$  = Jumlah kuadrat X

Nx = Banyak tiang pada sumbu x

Ny = Banyak tiang pada sumbu y

#### 4. Daya Dukung Izin Vertikal

Kekuatan dukungan toleransi vertical dasar pilar dihtung dari jumlah daya dukungan pilar terpusat dan pemegang sliding di dinding pilar. Mekanisme daya dukung ijin vertical sebagai berikut.

$$Q_u = E_g \times R_a \times n_p$$

Dimana:

$E_g$  = Efisiensi tiang kelompok (%)

$R_a$  = Daya dukung ijin tiang (ton)

#### 5. Daya Dukung Ijin Tarik

Daya dukung ijin tarik merupakan besar beban yang nilainya tinggi pada luasannya, dimana tanah dapat menahan beban tanpa runtuh dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Dalam mencari daya dukung ijin tarik dapat dipakai persamaan berikut.

$$P_{ta} = \frac{(\sum l_i \times f_i \times A_{st}) \times 0,70}{FK} + W_p$$

Dimana:

$P_{ta}$  = Daya dukung ijin tarik (ton)

$l_i$  = Panjang segmen tiang (m)

$f_i$  = Gaya geser segmen tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$A_{st}$  = Keliling penampang tiang (m)

$FK$  = Faktor Keamanan, (5)

$W_p$  = Berat pondasi (ton)

#### 6. Daya Dukung Ijin Horizontal

Dalam analisis daya dukung ijin horizontal, tiang dapat dibedakan menurut kepala pelat tiang (pilecap). Yakni tiang yang bagian ujungnya jepit dan tiang dengan bagian ujung bebas.

$$C_u = k \times N$$

$$H_u = 9 \times C_u \times D \times \left( L_p - \frac{3D}{2} \right)$$

$$M_{maks} = H_u \times \left( \frac{L_p}{2} + \frac{3D}{2} \right)$$

$$F = \frac{H_u}{9 \times C_u \times D}$$

$$H_u = \frac{2 \times M_x}{\frac{3D}{2} + \frac{F}{2}}$$

Dimana:

$C_u$  = *undrained strength* (kN/m<sup>2</sup>)

$H_u$  = Daya dukung ijin horizontal

$D$  = diameter tiang (m)

$N$  = Nilai SPT

$L_p$  = Panjang tiang (m)

$k$  = 3,5 – 6,5 gunakan nilai rata-rata konstan (kN/m<sup>2</sup>)

## 7. Penurunan Pondasi

### a) Penurunan Segera

Dalam perencanaan pondasi perlu menghitung penurunan pondasi untuk menentukan apakah jenis serta dimensi pondasi layak dibangun, demikian dengan penurunan segera yang terjadi pada kolom dan disebabkan akibat adanya distorsi pada massa jenis tanah. Menurut Hardiyatmo (2002:227) menghitung penurunan segera sebagai berikut:

$$S_i = \mu_1 \times \mu_0 \times \frac{q \times B}{E_u}$$

Dimana:

$S_i$  = Penurunan segera (m)

$\mu_1$  = Faktor koreksi pada lapisan tanah yang ketebalannya terbatas

$\mu_0$  = Faktor koreksi pada kedalaman  $df$

$q$  = Tekanan ( $\frac{Pu}{A}$ )

$E_u$  = Moudulus deformasi

$B$  = Lebar Pilecap (m)

### b) Penurunan Konsolidasi

Menurut Hardiyatmo (2011:300) tanah yang mengalami perubahan volume karena permeabilitas rendah sedang berkonsolidasi disebut penurunan konsolidasi. Proses konsolidasi terjadi sampai tekanan air pori dalam keseimbangan dengan

tekanan hidrostatik air tanah di sekitarnya. Penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} \times C_c \times \text{Log} \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

Dimana:

$S_c$  = Penurunan Konsolidasi (m)

$P_o$  = Tegangan efektif ( $\text{ton/m}^2$ )

$\Delta P$  = Perubahan tegangan ( $\text{ton/m}^2$ )

$C_c$  = Indeks pemampatan

$e_o$  = angka pori

$H$  = Ketebalan lapisan pada tanah (m)

### 8. Analisa Beban Gempa

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung) yaitu:

#### a) Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Bangunan gedung dan nongedung dibedakan menjadi 4 kategori risiko. Pengaruh gempa rencana terhadap kategori risiko dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa. Dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.6** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> </ul>	II

- 
- Gedung apartemen/rumah susun
  - Pusat perbelanjaan/mall
  - Bangunan industry
  - Fasilitas manufaktur
  - Pabrik
- 

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan nongedung, tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan nongedung yang tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

---

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental
  - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan
  - Rumah ibadah
  - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
  - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
  - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
  - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
-

- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

**Tabel 2.7** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

b) Klasifikasi Situs

Dalam perencanaan bangunan gedung dan nongedung perlu dilakukan klasifikasi profil tanah terlebih dahulu. Menggolongkan profil tanah hingga kedalaman 30 m berdasarkan sifatnya untuk menentukan respons tanah terhadap gempa. Penyelidikan tanah di lapangan dilakukan untuk mendapatkan kelas situs berdasarkan hasil penyelidikan terkait.

**Tabel 2.8** Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50

c) Parameter Respon Desain Spektra dan Koefisien Situs

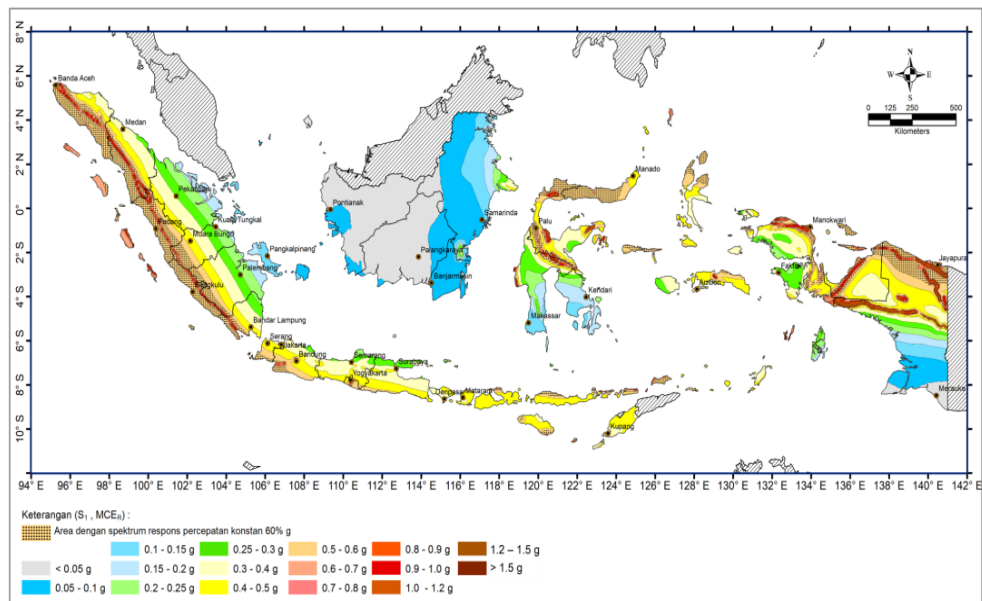
Berdasarkan SNI (1726:2019) penentuan respons spektra percepatan gempa  $MCE_R$  diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi tersebut ialah percepatan gempa periode pendek ( $F_a$ ) dan percepatan gempa periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter percepatan desain pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) ditentukan dengan persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

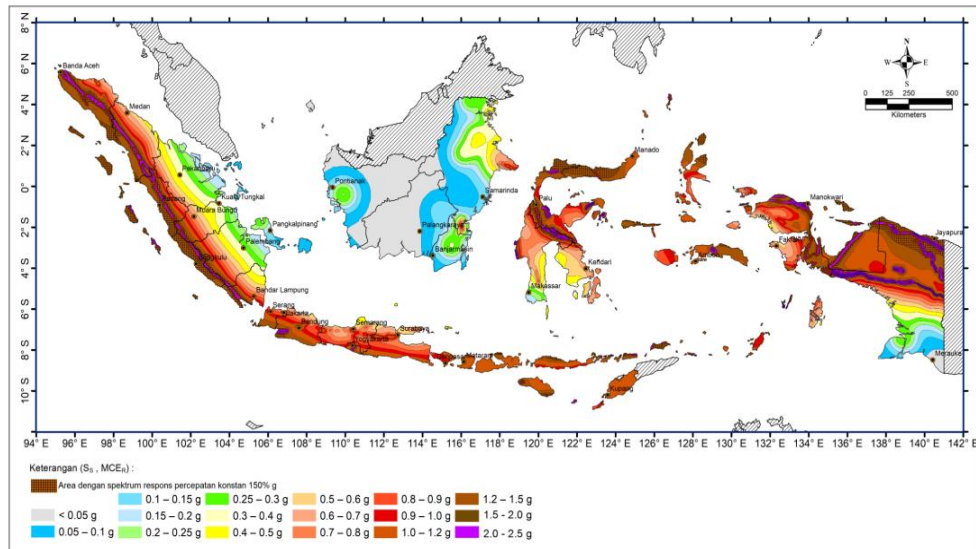
$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

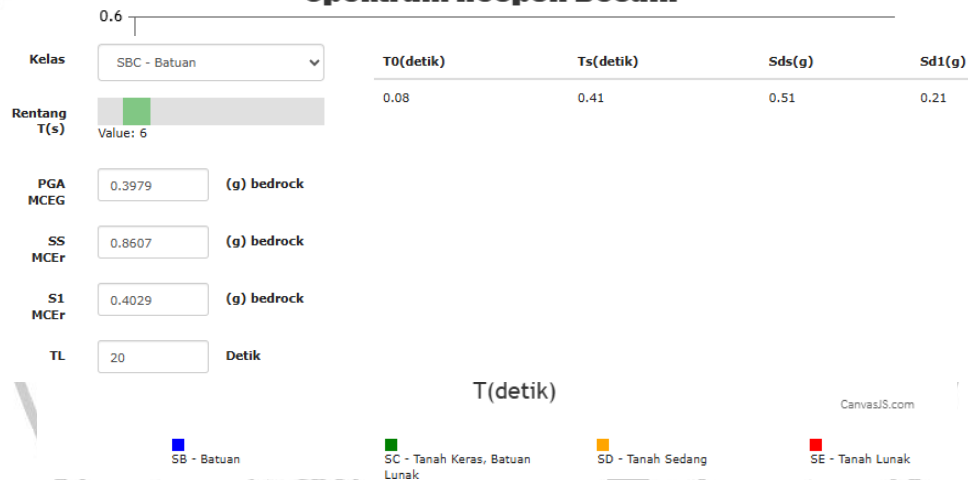


Gambar 2.1 Peta MCE<sub>R</sub> ( $S_1$ )



Gambar 2.2 Peta  $MCE_R$  ( $S_s$ )

### Spektrum Respon Desain



Gambar 2.3 Grafik Spektrum Respon Desain

Gambar 2.4 Parameter Grafik Spektrum Respon Desain

Tabel 2.9 Koefisien Situs ( $F_a$ )

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkana risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

**Tabel 2.10** Koefisien Situs (Fv)

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS <sup>(a)</sup>					

d) Kategori Desain Seismik

**Tabel 2.11** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 2.12** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

e) Jenis Struktur dan Parameter Sistem

Suatu sistem struktur dalam menahan beban gempa baik horizontal maupun vertikal harus mempertimbangkan jenis strukturnya hingga parameter sistem struktur yang akan digunakan.

**Tabel 2.13** Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Penahan Gaya Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R^a$	Faktor Kuat lebih Sistem, $\Omega_0^b$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d^c$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, $h_n(m)^d$				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

2.	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ½	TB	TB	48	30	TI
3.	Rangka baja pemikul momen menengah	4 ½	3	4	TB	TB	10 <sup>K</sup>	TI <sup>K</sup>	TI <sup>K</sup>
4.	Rangka baja pemikul momen biasa	3 ½	3	3	TB	TB	TI <sup>I</sup>	TI <sup>I</sup>	TI <sup>I</sup>
5.	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
6.	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
7.	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
8.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
9.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
10.	Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ½	48	48	30	TI	TI
11.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
12.	Rangka baja canai diting pemikul khusus dengan pembautan	3 ½	3 <sup>D</sup>	3 ½	10	10	10	10	20

f) Periode Fundamental Pendekatan

Berdasarkan SNI (1729:2019) periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana:

$h_n$  = Ketinggian struktur (m)

**Tabel 2.14** Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9

Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

g) Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan SNI (1726:2019) koefisien respon seismik,  $C_s$  ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dimana:

$S_{DS}$  = Parameter percepatan respons spectral desain dalam rentang periode pendek

$R$  = Koefisien modifikasi respons

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak perlu melebihi berikut ini:

$$T \leq T_L$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$T > T_L$$

$$C_s = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2 \times \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$C_s$  harus kurang dari:

$$C_s = 0,44 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 \times S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

### 2.2.3 Mekanikal, Elektrikal, Plumbing (MEP)

Dalam perencanaan suatu gedung, MEP memiliki peran dalam suatu fungsi bangunan. Dalam merencanakan sistem mekanikal elektrikal yang sesuai standar dapat mengurangi biaya penggunaan energi dan meminimalisir dampak buruk

pada lingkungan. Selain pemasangan instalasi listrik yang sesuai dengan ketentuan, pemasangan sistem pemadam kebakaran juga penting dilakukan dalam perencanaan suatu bangunan. Instalasi yang baik dapat mempengaruhi gedung menjadi nyaman dan penerangan yang baik akan berpengaruh di berbagai hal, namun instalasi yang kurang baik akan mengakibatkan timbulnya kerusakan seperti arus pendek (konsleting).(Mustofa, 2017)

## 1. Pencahayaan

Pencahayaan dalam suatu gedung penting untuk menciptakan kenyamanan, keamanan, dan produktivitas penghuni dengan memanfaatkan sistem pencahayaan alami dan buatan. Kualitas pencahayaan ditentukan oleh tingkat intensitas (lux), distribusi cahaya yang merata dan jenis sumber cahaya. Untuk mendapatkan pencahayaan yang sesuai dalam suatu ruang maka diperlukan sistem pencahayaan yang tepat sesuai dengan kebutuhannya. Sistem pencahayaan di ruangan termasuk tempat kerja dapat dibedakan menjadi 5 macam, yaitu:

### a) Sistem Pencahayaan Langsung (*direct lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda yang perlu diterangi. Sistem ini dinilai paling efektif dalam mengatur pencahayaan, tetapi ada kelemahannya karena dapat menimbulkan bahaya serta kesilauan yang mengganggu, baik karena penyinaran langsung maupun karena pantulan cahaya.

### b) Sistem Pencahayaan Semi Langsung (*semi direct lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dengan sistem ini kelemahan sistem pencahayaan langsung dapat dikurangi.

### c) Sistem Pencahayaan Difus (*general diffuse lighting*)

Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dalam pencahayaan sistem ini termasuk sistem *direct-indirect* yakni memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya ke atas.

**d) Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*semi indirect lighting*)**

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bagian bawah. Pada sistem ini masalah bayangan praktis tidak ada serta kesilauan dapat dikurangi.

**e) Sistem Pencahayaan Tidak Langsung (*indirect lighting*)**

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan tetapi kerugiannya mengurangi efisien cahaya total yang jatuh pada permukaan.

Perencanaan titik lampu dilakukan untuk mengetahui jumlah lampu dalam satu ruangan. Untuk mengetahui jumlah lampu dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times CU \times n}$$

Dengan :

L = Panjang ruangan (m)

W = Lebar Ruangan (m)

H = Tinggi Bidang Kerja (m)

$\phi$  = Lumen Lampu

n = jumlah lampu dalam satu titik

LLF= Light Loss Factor/factor cahaya (0,7-0,8)

CU = Coefisien of utulization/ factor pemanfaatan (50-65%)

E = Kuat Penerangan (lux)

**2. Air Conditioner (AC)**

Berdasarkan SNI 6390:2020 sistem tata udara yang bekerja dalam suatu ruangan dengan cara mengendalikan laju aliran udara yang masuk ke dalam ruang, mengontrol suhu, serta menjaga kelembapan relative ruangan. Kualitas udara dalam perencanaan gedung laboratorium merupakan faktor kritis untuk memastikan keselamatan penghuni, integritas hasil penelitian,

dan kesehatan lingkungan. Desain sistem tata udara diperlukan untuk mengendalikan kontaminasi dan meminimalkan risiko zat berbahaya. Penggunaan pendingin udara (AC) berperan dalam mengatur kualitas udara, filter udara pada AC berfungsi menyaring partikel-partikel yang kecil sehingga dapat meningkatkan kebersihan udara pada ruangan. Kebutuhan perencanaan lift dapat dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$\text{Kebutuhan BTU} = \frac{L \times W \times H \times I \times E}{60} + \text{JUMLAH ORANG} \times \text{kalori}$$

Dengan :

L = Panjang Ruangan (dalam feet)

W = Lebar Ruangan (dalam feet)

H = Tinggi Ruangan (dalam feet)

I = Nilai 10 jika ruangan berinsulasi (berada di lantai bawah, atau berhimpit dengan ruang lain) .

Nilai 18 jika ruang tidak berinsulasi (di lantai atas)

H = Tinggi Ruang (dalam feet)

### 3. Lift

Lift merupakan transportasi vertikal berupa kabin atau platform yang bergerak dalam sebuah shaft pada bangunan. Perencanaan lift sebuah proses kompleks yang harus mempertimbangkan berbagai faktor untuk memastikan efisiensi, keamanan, dan kenyamanan pengguna. Proses ini melibatkan analisis kebutuhan, pemilihan jenis lift, jumlah lift yang tepat, dan penentuan lokasi strategis. Lift wajib memiliki sistem pengaman, seperti pembatas kecepatan yang akan menghentikan lift jika melaju terlalu cepat. Sumber daya listrik lift sendiri harus terpisah dari panel listrik lainnya, lift juga harus memiliki sumber daya cadangan untuk pendaratan darurat saat listrik utama mati.

### 4. Plumbing

Sistem plumbing merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam pembangunan gedung. Perancangan sistem plumbing dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dalam penyediaan air bersih baik kualitas dan kuantitas serta penyaluran air bekas atau air kotor perlu dirancang

sedemikian rupa sesuai dengan standar yang berlaku. Perencanaan air bersih meliputi penentuan kebutuhan air, pemilihan sistem distribusi, perhitungan kapasitas tangki dan pompa, hingga perencanaan jalur pipa yang efisien dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan lingkungan.

a) Kebutuhan Air Rerata

Kebutuhan dan kehilangan air rerata setiap bangunan berbeda-beda. Air bersih yang digunakan oleh rumah tangga untuk keperluan sehari-hari disebut kebutuhan air domestik. Kebutuhan air non domestik ialah untuk perkantoran, komersil, industri serta fasilitas lainnya. Kebutuhan air rerata dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_r = Q_d + Q_{nd} + Q_{ha}$$

Dimana:

$Q_r$  = Kebutuhan air rerata (liter/detik)

$Q_d$  = Kebutuhan air domestik (liter/detik)

$Q_{nd}$  = Kebutuhan air non domestik (liter/detik)

$Q_{ha}$  = kehilangan air (liter/detik)

b) Kebutuhan Harian Maksimum dan Jam Puncak

Jam puncak dan kebutuhan harian maksimum adalah dua istilah yang berkaitan dalam pola pemakaian air. Besarnya pemakaian air tidak terlepas dari aktivitas yang dilakukan sehari-hari yang menyebabkan terjadinya pola pemakaian air yang berbeda-beda. Berdasarkan fluktuasi pemakaian air dapat ditentukan perkiraan faktor jam puncak dan harian maksimum sebagai berikut:

$$Q_{max} = F_{max} \times Q_{rh}$$

$$Q_{peak} = F_{peak} \times Q_{rj}$$

Dimana:

$Q_{max}$  = Debit kebutuhan air maksimum (liter/hari)

$F_{max}$  = Faktor harian maksimum (liter/hari)

$Q_{rh}$  = Debit kebutuhan air rerata (liter/hari)

$Q_{peak}$  = Debit kebutuhan air jam puncak (liter/jam)

$F_{peak}$  = Faktor jam puncak (1,5 – 2)

$Q_{rj}$  = Debit jam rerata (liter/jam)

c) Tangki Air

Kapasitas tangki dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

$V_E$  = Kapasitas tangki air atas (L)

$Q_p$  = Kebutuhan puncak (liter/menit)

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

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

$T_p$  = Waktu kebutuhan puncak (menit)

$T_{pu}$  = Waktu kerja pompa pengisi (menit)

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

Dimana:

$V_E$  = Kapasitas tangki air bawah ( $m^3$ )

$Q_d$  = Kebutuhan air perhari ( $m^3$ /hari)

$Q_s$  = Kapasitas pipa ( $m^3$ /jam)

$T$  = Rata-rata pemakaian perhari (jam/hari)

$V_f$  = Cadangan air ( $m^3$ )

d) Pipa

Perencanaan pipa melibatkan penentuan lokasi, dimensi, dan material pipa yang berdasarkan kebutuhan air, kecepatan aliran, hingga kehilangan tekanan dengan mempertimbangkan sistem distribusi seperti sistem sirkuit tertutup atau sistem grid ion. Kriteria penting dalam perencanaan pipa adalah memastikan dimensi pipa, kemiringan pipa, kecepatan aliran minimum, penempatan pipa, serta penyambungan pipa. Pemilihan jenis material pipa penting dan harus mempertimbangkan faktor ketahanan, keamanan, dan ekonomi. Berikut beberapa jenis pipa yang umum digunakan:

- PPR (Polypropylene Random): Tahan korosi, cocok untuk instalasi air panas dan dingin.

- HDPE (High-Density Polyethylene): Fleksibel, tahan terhadap tekanan, korosi dan bahan kimia.
- uPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride): Kaku, tahan lama, umumnya digunakan pada saluran air rumah tangga.
- PVC (Polyvinyl Chloride): Fleksibel dan umum digunakan untuk instalasi air.
- Galvanis: Cocok untuk tekanan dan suhu tinggi.

e) Pompa

Pompa merupakan peralatan mekanis dengan mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolis (tekanan), sehingga air/fluida dapat bergerak melawan gravitasi atau hambatan lainnya. Pompa bekerja dengan menciptakan area bertekanan rendah di sisi hisap dan area bertekanan tinggi di sisi keluar. Dengan perbedaan tekanan tersebut, pompa mendorong air bergerak mengalir melalui pipa menuju lokasi yang diinginkan. Daya pompa yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000 \times \eta_p \times \eta_m}$$

Dimana:

P = Daya pompa (kw)

$\rho$  = Massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/det)

H = Total head pompa (m)

$\eta_p$  = Efisiensi pompa (90% - 95%)

$\eta_m$  = Efisiensi motor (10% lebih rendah dari efisiensi pompa)

#### 2.2.4 Rencana Anggaran Biaya dan *Scheduling*

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk menutupi keperluan material, tenaga kerja, serta berbagai keperluan lainnya yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan. Rencana anggaran biaya meliputi perhitungan volume, AHSP, produktivitas, durasi, hingga penjadwalan. Besarnya durasi rencana suatu pekerjaan dipengaruhi oleh besarnya

kuantitas pekerjaan tersebut. Dengan besarnya kuantitas suatu pekerjaan, maka besar juga durasi pekerjaan tersebut. Perencanaan Jadwal proyek merupakan bagian penting dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, karena perencanaan jadwal yang realistis akan membantu dalam mengurangi kemungkinan terjadinya keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. (Ngono et al., 2018)

