

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Building Information Modeling (BIM)**

Bim (building information modeling) adalah suatu metode dalam melaksanakan konstruksi sejak tahap perencanaan sampai dengan pengelolaan asset, dengan menampilkan gambar dalam bentuk modelling (3 dimensi) yang disertai dengan pemberian informasi guna dapat diambil keputusan sesuai dengan tingkatan yang akan dicapai dari BIM itu sendiri.(KNS et al., 2023).

Menurut Gegana, (2024) Building Information Modeling (BIM) merupakan salah satu lompatan terbesar dalam industri Architecture, Engineering, And Construction (AEC) sejak teknologi Computer Aided Design (CAD).

Namun untuk mengoprasikannya dibutuhkan sumber daya manusia (SDM) yang kompeten. Permendagri Nomor 22/PRT/M/2018 PUPR tentang Bangunan Gedung Negara memuat tentang ketersediaan teknologi perancangan. Pemerintah secara bertahap mendorong adopsi BIM, menyusun standar BIM Nasional (SNI), serta menyusun standar kurikulum dan kapasitas BIM bagi stakeholders industri konstruksi.(Mulyana et al., 2020).

Jadi, BIM dapat digunakan untuk memadukan antara program perangkat lunak teknologi baru dan teknik konstruksi baru di lokasi agar kesalahan lebih sedikit dan model lebih akurat. Di sini BIM bisa menjadi kunci bagi perkembangan dan pertumbuhan pasar konstruksi nasional dan internasional.

##### **2.1.2 Pemodelan dimensi dalam BIM**

BIM merupakan sistem, manajemen, metode atau runutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan ke dalam model 3 dimensi. Di dalamnya melekat semua informasi bangunan tersebut, yang

berfungsi sebagai sarana untuk membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terkait di dalam proyek seperti konsultan, owner, dan kontraktor.



Gambar 2. 1 Pihak-Pihak Yang Terkait BIM

Sumber : Autodesk. (2020)

Dengan menggunakan BIM dapat diperoleh 3D, 4D, 5D, 6D dan bahkan sampai 7D. Dimana 3D berbasis obyek pemodelan parametric, 4D adalah urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu, dan lain-lain, 5D termasuk estimasi biaya dan part-lists, dan 6D mempertimbangkan dampak lingkungan termasuk analisis energi dan deteksi konflik, serta 7D untuk fasilitas manajemen.



Gambar 2. 2 Model Dimensi Dalam BIM

Sumber : Eastman et al. (2011) – BIM Handbook

## 2.2 Pemodelan

- 1) 3D dapat dikatakan sebagai pemodelan 3 dimensi yang terpacu dari sumbu x, y dan z dan disebut juga sebagai permodelan yang terkoordinasi. Model

3d yang dihasilkan dapat digunakan untuk desain skematik, dokumentasi konstruksi dan visualisasi objek yang membantu untuk memeriksa kesalahan pada gambar.

- 2) 4D Dimensi waktu, yang digunakan untuk merencanakan dan mengevaluasi konflik yang dapat menunda konstruksi. Data penjadwalan dan detailnya ditambahkan saat proyek berlangsung. Perkembangan informasi akurat dari proyek dapat ditunjukkan melalui informasi ini. Waktu tunggu, urutan pemasangan, periode waktu yang diperlukan untuk konstruksi atau pemasangan, untuk pengerasan, pengawetan, dsb merupakan jenis informasi yang termasuk dalam dimensi ini.
- 3) 5D Biaya, pengukuran dan anggaran yang terintegrasi, ini juga mengintegrasikan model BIM dengan perangkat lunak anggaran yang ada. Berdasarkan data dan informasi yang terkait dengan komponen tertentu dalam model, para pihak dapat mempertimbangkan biaya modal, biaya operasional, dan biaya pembaharuan dan penggantian selama proyek berlangsung. Ketika bersama-sama dengan 3D dan 4D, para stakeholder dapat memproyeksikan kemajuan berbagai kegiatan dan biaya yang terkait dari waktu ke waktu. Mengintegrasikan model 5D memungkinkan menerapkan metode konstruksi yang hemat biaya, efisien, dan berkelanjutan.

### **2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Building Information Modeling (BIM)**

Menurut Ebada, Eltaly, & Tayel, (2021) Tim proyek pada tahap desain dapat terdiri dari (tetapi tidak terbatas pada) : survei, arsitektur, teknik sipil, teknik elektro, teknik mesin, teknik struktural, arsitektur lanskap, teknik kebakaran/alarm, komunikasi, desain interior, pemilik, penyewa, manajer konstruksi, commissioning, dll. Semua anggota ini berkontribusi dengan data mereka dan melaksanakan pekerjaan pada model BIM, dan ini dapat berlanjut hingga dan setelah tahap konstruksi yang akan mengganggu perdagangan umum, lokasi/penggalian, konstruksi baja, konstruksi mekanis, konstruksi listrik, konstruksi sprinkler api, konstruksi beton, atap, pasangan bata, kaca, kontrol

elevator, penyelesaian akhir, teknologi, dan lansekap. Jadi, kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan BIM adalah sebagai berikut :

### **2.3.1 Kelebihan Building Information Modeling (BIM)**

Adapun kelebihan dalam menggunakan BIM dalam pelaksanaan konstruksi diantaranya yaitu :

- 1) Setiap kesalahan atau konflik dalam desain dapat ditemukan sejak dini sebelum memulai konstruksi.
- 2) Setiap modifikasi yang terjadi pada model dapat diperbaiki dengan mudah pada semua dimensi model 3D, model 4D (waktu), dan model 5D (biaya) karena setiap perubahan model 3D secara otomatis akan tercermin pada perubahan waktu dan biaya dengan menggunakan BIM yang mengkomunikasikan antara semua faktor (model) proyek.
- 3) BIM memperkenalkan teknik mudah untuk menggambar model bangunan dan mengekstrasikan data dan gambarnya sehingga akan menghemat waktu yang dihabiskan baik dalam desain maupun proses pengerjaan konstruksi. Selain itu, BIM akan membantu dalam mengharapakan rencana awal untuk siklus konstruksi bangunan.
- 4) Mengurangi biaya keseluruhan proyek dengan mengurangi waktu yang dibutuhkan selama perubahan pesanan dan mengurangi pemborosan waktu yang terjadi selama tahap konstruksi sehingga akan mengendalikan biaya selama siklus hidup proyek.
- 5) Mengurangi upaya saat menyalin perubahan apapun dalam satu tampilan model karena dapat mentransfer dan meneruskannya ke tampilan lainnya. Misalnya, saat meletakkan pintu pada tampilan denah, secara otomatis ke tampilan 3D. Selain itu, semua bagian model sebagai program akan memasukannya kedalam jadwal dan rencana biaya untuk ke dalam model 5D sehingga konsep yang sama adalah untuk mengganti item apapun dalam rencana, maka secara otomatis akan diperbarui diseluruh model.
- 6) Memberikan kesempatan kepada pemilik dan perancang (semua pihak dalam proyek) untuk membandingkan antara alternatif-alternatif yang tersedia melalui tahap desain untuk mengetahui sifat-sifat dari setiap

alternatif, konsekuensi, dan kemampuan penggunaannya sehingga dengan mudah mengambil keputusan yang tepat untuk proyek tersebut.

- 7) Untuk memudahkan mengetahui aliran yang tepat dari setiap sistem, masukkan ke dalam model untuk mencegah terjadinya keruntuhan atau konflik antar sistem (sistem sipil, arsitektur, mekanik, elektrikal, komunikasi, kebakaran dan HVAC).
- 8) dapat mencapai metode pernyataan yang diharapkan dengan benar agar setiap kegiatan dapat dilihat dengan mudah dan benar oleh semua pihak proyek.
- 9) BIM memperkenalkan sistem kendali tinggi tepat waktu dengan tumpang tindih antara model 3D dan dimensi waktu dalam model 4D untuk mengikuti urutan konstruksi selama siklus hidup proyek dan mengatasi penundaan yang mungkin terjadi selama tahapan proyek khususnya tahap konstruksi.
- 10) BIM berkaitan dengan pemilihan alternatif terbaik untuk desain tata surya dan metode konstruksi melalui siklus hidup untuk mencapai konsumsi energi yang paling tepat untuk menyelamatkan lingkungan.
- 11) Dapat menganimasikan model untuk menemukan kemampuan untuk menggunakan bangunan itu nanti untuk tugas yang dibangunnya, apakah cocok untuk penggunaan ini atau tidak. Dan ini menunjukkan pergerakan yang diharapkan di dalam lokasi, dan ruang yang tersedia untuk digunakan sebagai tempat penyimpanan material proyek.
- 12) Menghasilkan elemen parametrik dengan sedikit usaha yang sesuai dengan area yang tersedia dalam model dengan semua data yang berkaitan dengan elemen tersebut dan sumbernya termasuk dimensi sebenarnya dan bukaan yang diperlukan untuk setiap elemen dalam bangunan agar dapat diterapkan dalam kenyataan tanpa pengerjaan ulang atau pemborosan.
- 13) Peningkatan akurasi dan efisiensi proses estimasi biaya karena meningkatkan kualitas laporan lepas landas.
- 14) Mencapai kepuasan klien dengan pertukaran dan penyimpanan data proyek yang cepat dan akurat.

### **2.3.2 Kekurangan Building Information Modeling (BIM)**

Adapun kekurangan dalam menggunakan BIM dalam pelaksanaan konstruksi diantaranya yaitu :

- 1) Dibutuhkan biaya investasi yang besar karena harga lisensi yang mahal
- 2) Spesifikasi software yang tinggi, sehingga membutuhkan spesifikasi hardware yang tinggi juga.
- 3) Dibutuhkan skill khusus bagi orang yang mengaplikasikannya

### **2.4 Manfaat dan Tujuan BIM**

Adapun manfaat dan tujuan penggunaan BIM adalah sebagai berikut :

- 1) BIM mempunyai Visual 3 dimensi sehingga memudahkan pemahaman terhadap rencana gambar yang akan dibangun.
- 2) Penggunaan BIM akan mempermudah menghitung volume pekerjaan dengan cepat dan akurat.
- 3) BIM akan memberikan informasi biaya atau RAB pada tiap komponen pekerjaan sehingga kita bisa memprediksi perkiraan biaya pada satu komponen pekerjaan.
- 4) BIM mampu menampilkan gambar 3 dimensi pada pekerjaan yang rumit seperti pembesian pada struktur jembatan, dsb.
- 5) Penggunaan BIM tidak hanya sekedar menampilkan gambar animasi bangunan saja, tetapi lebih kepada Managing informasi proyek secara cepat dan akurat.
- 6) Penggunaan BIM pada saat awal pekerjaan dijadikan sebagai clash detection. Kita bisa mengetahui apakah gambar rencana 2D ini jika akan di terapkan di lapangan terjadi clash atau tidak terutama antara gambar Struktur, arsitektur, dan MEP.
- 7) Manfaat lain penggunaan BIM adalah koordinasi antara kontraktor dengan owner / konsultan dengan mudah di manapun dan kapanpun. BIM akan di upload pada layanan komputer awan yang bisa diakses oleh owner. Owner akan memeriksa gambar melalui layanan komputer awan dan memberikan Marking apabila ada yang Salah.

## **2.5 Software Yang Digunakan**

### **2.5.1 Revit**

Menurut Bilov, Goi, Mamonov, Tregub, & Levchenko, (2023) Perangkat lunak seri Autodesk Revit, yang dikembangkan oleh penyedia perangkat lunak desain digital terkemuka global, Autodesk, adalah platform perangkat lunak desain 3D dan desain arsitektur parametrik. Perangkat lunak ini terdiri dari tiga alat profesional utama untuk desain: Autodesk Revit Architecture (versi arsitektur), Revit Structure (versi struktural), dan Revit MEP (Mechanical Electrical and Plumbing - versi peralatan, kelistrikan, pasokan air, dan drainase).

Autodesk Revit versi 2016 terdiri dari tiga komponen perangkat lunak dengan kemampuan pertukaran data yang kuat untuk menciptakan platform desain kolaboratif dan memfasilitasi desain 3D multi-disiplin. Perangkat lunak ini memiliki fungsi manajemen data yang kuat dan dapat menyimpan semua informasi yang diperlukan tentang parameter komponen dalam database model.

### **2.5.2 Robot Structural Analysis Professional**

Software Robot Structural Analysis Profesional (RSAP) merupakan salah satu produk dari Autodesk, yang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan software dibidang teknik. RSAP merupakan program yang terintegrasi yang mencakup banyak hal dalam mencukupi proses desain struktur, yang terdiri dari permodelan, analisis dan perancangan komponen struktur. Dalam program RSAP memungkinkan engineer untuk menganalisa struktur yang diawali dengan membuat permodelan, selanjutnya menginput pembebanan yang nantinya dilanjutkan dengan memverifikasi hasil yang diperoleh. Dalam melaksanakan perencanaan elemen struktur RSAP telah dibekali dengan beberapa code / peraturan dari berbagai negara yang memudahkan engineer dalam proses analisa sesuai dengan peraturan yang dipilih. (Bobby Asukmajaya R 2024).

## **2.6 Struktur Atas**

Struktur Atas merupakan bagian struktur bangunan yang berada diatas muka tanah. Struktur atas terdiri dari atap, pelat lantai, kolom, balok dan tangga. Atap merupakan bagian struktur bangunan yang berfungsi melindungi bangunan dari panas dan hujan. Pelat lantai merupakan struktur bidang tipis yang berfungsi

memikul beban transversal. Kolom adalah bagian struktur yang mempunyai tugas utama menyangga beban aksial vertikal yang dihasilkan dari struktur bangunan. Balok merupakan elemen struktur yang menerima beban dari struktur pelat dan beban sendirinya (Wafi et al., 2021).

### 2.6.1 Kolom

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, adapun yang dimaksud kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), adapun yang dimaksud kolom adalah tiang (pilar) penyangga yang biasanya terbuat dari beton yang bertulang besi. Sementara menurut (Cahyati et al., 2024), kolom merupakan struktur utama pada bangunan, gedung karena kolom adalah struktur yang akan menahan beban dari bangunan baik beban hidup maupun beban mati.

Struktur dalam kolom terbuat dari besi dan beton. Kedua bahan ini memiliki sifat gabungan yang cukup baik di mana besi merupakan material yang tahan terhadap tarikan, sedangkan beton merupakan material yang tahan tekanan.

Pasal 10 pada SNI 2847:2019 ditujukan untuk desain kolom nonprategang, prategang, dan komposit, termasuk pedestal beton bertulang.

#### A. Kekuatan Desain

##### ➤ Persyaratan umum

Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang ditetapkan, kekuatan desain pada semua penampang harus memenuhi  $S_n \geq U$ , termasuk a) hingga d).

Interaksi antara efek beban harus dipertimbangkan :

- |    |                |           |
|----|----------------|-----------|
| a) | $P_n \geq P_u$ | Pers 2. 1 |
| b) | $M_n \geq M_u$ | Pers 2. 2 |
| c) | $V_n \geq V_u$ | Pers 2. 3 |
| d) | $T_n \geq T_u$ | Pers 2. 4 |

##### ➤ Gaya aksial dan momen

##### ➤ $P_n$ dan $M_n$

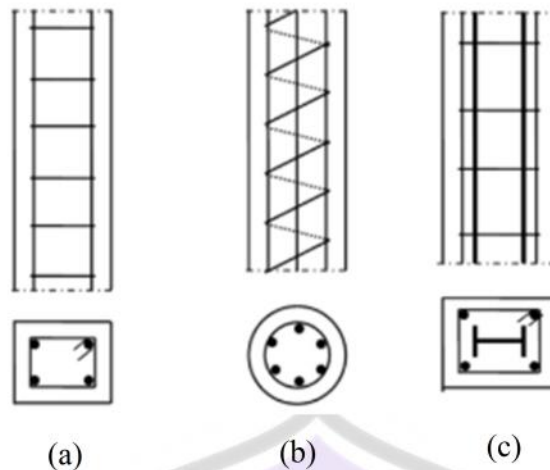
- Untuk kolom komposit, gaya-gaya harus ditransfer antara penampang baja dan beton melalui landasan langsung, konektor geser, atau lekatan sesuai kekuatan aksial yang diberikan pada masing-masing komponen.

## B. Batasan Tulangan

- 1) Tulangan longitudinal minimum dan maksimum
  - a) Untuk kolom nonprategang dan kolom prategang dengan nilai rata-rata  $f_{pe} < 1,6 \text{ MPa}$ , luas tulangan longitudinal harus sekurang-kurangnya  $0,01A_g$ , namun tidak boleh melebihi  $0,08A_g$ .
  - b) Untuk kolom komposit dengan inti baja struktural, luas tulangan longitudinal yang berada di dalam tulangan transversal harus sekurang-kurangnya  $0,01(A_g - A_{sx})$ , namun tidak boleh melebihi  $0,08 (A_g - A_{sx})$ .
- 2) Tulangan geser minimum
  - a) Luas minimum tulangan geser,  $A_v, \text{min}$ , harus disediakan di semua wilayah dimana  $V_u > 0,5 V_c$
  - b) Bila tulangan geser diperlukan,  $A_v, \text{min}$  harus lebih besar dari a) dan b) :
    - a)  $0,062\sqrt{F'} \frac{b}{f}$  Pers 2. 5
    - b)  $0,35 \frac{b}{f}$  Pers 2. 6

Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, kolom dibedakan menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut :

- a) Kolom segi empat, baik berbentuk empat persegi panjang maupun bujur sangkar, dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- b) Kolom bulat dengan tulangan memanjang dan sengkang atau spiral.
- c) Kolom komposit, yaitu kolom yang terdiri atas beton dan profil baja struktural yang berada didalam beton.



Gambar 2. 3 (a) Kolom Segi Empat, (b) Kolom Bulat, (c) Kolom Komposit

Sumber: Nugroho, A. (2020)

### 2.6.2 Balok

Balok merupakan salah satu komponen struktur yang penting disamping kolom dan fondasi. Disamping memikul beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) balok juga memikul beban lateral (angin atau gempa). (Priyosulistyo & Press, 2021). Balok juga lebih dikenal sebagai elemen lentur karena elemen struktur ini yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan geser. Keruntuhan pada balok :

- Penampang balanced Tulangan Tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasan dan akan hancur karena tekan.
- Penampang over-reinforced Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. pada saat awal keruntuhan, regangan baja  $\epsilon_s$  yang terjadi masih lebih kecil dari pada regangan lelehnya  $\epsilon_y$ .
- Penampang under-reinforced

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya lehanan pada tulangan baja, kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi balanced.

#### A. Batas Desain

- 1) Tinggi balok minimum

- a) Untuk balok nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat  $h$  tidak boleh kurang dari batas minimum.

Tabel 2. 1 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Tinggi Minimum Balok Nonprategang	
Kondisi perlekatan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan sederhana	/16
Menerus satu sisi	/18,5
Menerus satu sisi	/21
Kantilever	/8

Sumber : SNI 2847:2019

Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420 MPa.

Untuk kasus lain, minimum  $h$  harus dimodifikasi

- Untuk  $f_y$  lebih dari 420 MPa, persamaan pada Tabel 2.1 harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y / 700)$ .
  - Untuk balok nonprategang yang terbuat dari beton ringan dengan  $W_c$  berkisar antara 1440 hingga 1840  $\text{kg/m}^3$ , persamaan pada Tabel 2.1 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari :
    - a)  $1,65 - 0,0003W_c$  Pers 2. 7
    - b)  $1,09$  Pers 2. 8
  - Untuk balok komposit nonprategang yang terbuat dari kombinasi beton ringan dan normal, ditopang saat konstruksi, dan ketika beton ringan berada dalam keadaan tertekan, koefisien modifikasi.
- b) Ketebalan penutup lantai (floor finish) beton diizinkan untuk dimasukkan ke dalam nilai  $h$  jika pengecoran dilakukan secara monolit dengan pelat lantai atau jika penutup lantai dirancang komposit dengan pelat lantai.
- 1) Batas regangan tulangan pada balok nonprategang
- a) Untuk balok nonprategang dengan  $P_u < 0,10 f'c A_g$ , Pers 2. 9
  - b)  $v_t$  sekurang-kurangnya 0,004. Pers 2. 10

## B. Kekuatan Perlu

- 1) Momen terfaktor

Untuk balok yang dibangun menyatu dengan tumpuan,  $M_u$  di tumpuan diperkenankan dihitung pada muka tumpuan.

2) Geser terfaktor

a) Untuk balok yang dibangun menyatu dengan tumpuan,  $V_u$  di tumpuan diperkenankan dihitung pada muka tumpuan.

b) Penampang antara muka tumpuan dan penampang kritis yang terletak sejauh  $d$  dari permukaan tumpuan untuk balok nonprategang atau  $h/2$  dari muka tumpuan untuk balok prategang harus dirancang untuk memenuhi  $V_u$  pada penampang kritis jika a) hingga c) terpenuhi :

- Reaksi tumpuan, dalam arah geser yang terjadi, menimbulkan tekan ke daerah ujung balok.
- Beban diberikan pada atau dekat permukaan atas balok.
- Tidak ada beban terpusat antara muka tumpuan dan penampang kritis.



Gambar 2. 4 Balok

Sumber: Nugroho, A. (2020)

**C. Kekuatan Rencana**

a) Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang dipakai, kekuatan desain di semua penampang harus memenuhi  $\phi S_n \geq U$  meliputi a) hingga d). Interaksi antara pengaruh beban harus diperhitungkan.

a)  $\phi M_u \geq M_n$  Pers 2. 11

b)  $\phi V_u \geq V_n$  Pers 2. 12

c)  $\phi T_n \geq T_n$  Pers 2. 13

d)  $\phi P_u \geq P_n$  Pers 2. 14

### 2.6.3 Pelat

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu pada balok dan kolom ataupun dinding. (Sri Prafanti, 2024).

Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh :

- 1) Besar lendutan yang diinginkan.
- 2) Lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung.
- 3) Bahan material konstruksi dan pelat lantai.

Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpass (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh beban yang harus didukung, besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung, bahan konstruksi dari pelat lantai. Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal  $h$ , panjang  $b$ , dan lebar  $a$ .

#### A. Ruang Lingkup

pasal 8.1.1 pada SNI 2847:2019 ketentuan berlaku untuk desain sistem pelat prategang dan nonprategang yang ditulangi untuk lentur dua arah, dengan atau tanpa balok di antara tumpuannya, termasuk  $a$  hingga  $d$  :

- a) Pelat solid
- b) Pelat yang dicor ditempat, lantai baja non komposit
- c) Pelat non komposit yang dicor secara terpisah yang selanjutnya disambung hingga semua elemen memikul beban sebagai satu kesatuan.
- d) Sistem pelat berusuk dua arah

#### A. Batasan desain

- 1) Ketebalan minimum pelat

Ketebalan minimum pelat tidak tergantung pada pembebanan dan modulus elastisitas beton, keduanya memiliki pengaruh signifikan pada lendutan. Ketebalan minimum ini tidak berlaku untuk pelat dengan beban tambahan yang

sangat besar atau untuk beton dengan modulus elastisitas yang relatif rendah dibandingkan beton normal.

➤ Untuk pelat nonprategang tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, ketebalan pelat keseluruhan  $h$  tidak boleh kurang dari batasan pada Tabel 2.2, dan memiliki nilai terkecil antara :

- Pelat tanpa drop panel sesuai pasal 8.2.4.....125 mm
- Pelat dengan drop panel sesuai pasal 8.2.4.....100 mm

Tabel 2. 2 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior (mm)

fy , MPa [2]	Tanpa drop panel <sup>[3]</sup>			Dengan drop panel <sup>[3]</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>	
280	n/33	n/36	n/36	n/36	n/40	n/40
420	n/30	n/33	n/33	n/33	n/36	n/36
520	n/28	n/31	n/31	n/31	n/34	n/34

Sumber : SNI 2847:2019

[1]  $n$  adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm) [2] Untuk  $f_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear [3] Drop panel sesuai 8.2.4 [4] Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $f$  kurang dari 0,8. Nilai  $f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

2) Batas regangan tulangan pelat nonprategang

➤ Pengaruh dari batasan ini adalah untuk membatasi rasio tulangan pada pelat nonprategang untuk mengurangi perilaku getas lentur jika terjadi kelebihan beban. Batasan ini tidak berlaku untuk pelat prategang. Untuk pelat nonprategang,  $t$  sekurang-kurangnya 0,004.

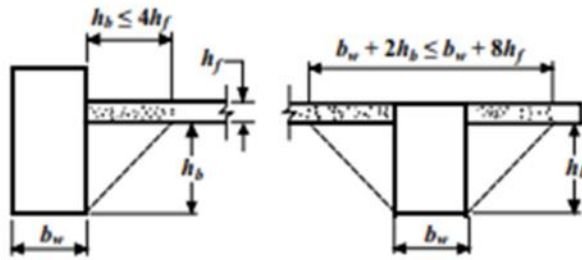
3) Batas tegangan pelat prategang

- Pelat prategang harus didesain sebagai Kelas U dengan  $f_t = 0,5 f_c$ . Tegangan lain pada pelat prategang sesaat setelah transfer dan saat beban layan tidak boleh melebihi tegangan izin.

B. Kekuatan perlu

1) Umum

- a. Kekuatan perlu harus dihitung sesuai dengan kombinasi beban terfaktor dalam pasal 5.
- b. Kekuatan perlu harus dihitung sesuai dengan prosedur analisis yang diberikan pada pasal 6 sebagai alternatif.
- c. Untuk pelat prategang, pengaruh reaksi perletakan akibat prategang harus diperhitungkan sesuai pasal 5.3.11.
- d. Untuk sistem pelat yang ditumpu oleh kolom atau dinding, dimensi  $c_1$ ,  $c_2$ , dan  $a_n$  harus didasarkan pada luas tumpuan efektif yang didefinisikan oleh perpotongan bawah pelat, atau drop panel atau kepala kolom bila ada, dengan kerucut lingkaran tegak lurus, piramida tegak lurus, atau baji tirus (*tapered wedge*) terbesar yang permukaannya berada dalam kolom dan kepala kolom (*capital*) atau *bracket* dan diorientasikan tidak lebih besar dari 45 derajat terhadap sumbu kolom.
- e. Lajur kolom adalah suatu lajur desain dengan lebar pada masing-masing sisi garis pusat kolom sama dengan nilai terkecil dari  $0,25 c_2$  dan  $0,25 c_1$ . Lajur kolom harus termasuk balok dalam lajur, bila ada.
- f. Lajur tengah adalah suatu lajur desain yang dibatasi oleh dua lajur kolom
- g. Suatu panel dibatasi oleh sumbu-sumbu kolom, balok, atau dinding pada semua sisinya.
- h. Untuk konstruksi monolit atau komposit penuh yang menumpu pelat dua arah, suatu balok mencakup bagian pelat pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi bagian balok di atas atau di bawah pelat tersebut, diambil yang terbesar, tapi tidak lebih besar dari empat kali tebal pelat.



Gambar 2. 5 Contoh Bagian Pelat yang dimasukkan ke Balok sesuai h

Sumber : SNI 2847:2019

- i. Penggabungan hasil analisis beban gravitasi dengan hasil analisis beban lateral diizinkan.
- 2) Momen terfaktor
  - a) Untuk pelat yang dibangun menyatu dengan tumpuan,  $M_u$  pada tumpuan diizinkan untuk dihitung pada muka tumpuan.
  - b) Untuk pelat yang dianalisis dengan menggunakan metode desain langsung atau metode rangka ekuivalen.
  - c) Momen pelat terfaktor yang ditahan oleh kolom
    - Jika beban gravitasi, angin, gempa, atau pengaruh lainnya menyebabkan transfer momen di antara pelat dan kolom, fraksi  $M_{sc}$  momen pelat terfaktor ditahan oleh kolom pada joint, harus ditransfer secara lentur.
    - Besarnya fraksi momen pelat terfaktor yang tahan oleh kolom,  $\gamma f M_{sc}$  harus dianggap untuk disalurkan sebagai lentur, dimana  $\gamma f$  harus di hitung dengan :
 
$$\gamma f = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right) \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad \text{Pers 2. 15}$$
    - Lebar efektif pelat  $b_{pelat}$  untuk menahan  $\gamma f M_{sc}$  harus selebar kolom atau kepala kolom ditambah  $1,5h$  dari pelat atau drop panel pada salah satu sisi kolom atau kepala kolom.
- C. Batasan tulangan
  - 1) Tulangan lentur minimum pelat nonprategang

- 2) Luas minimum tulangan lentur,  $A_{s,min}$ , harus disediakan di dekat muka tarik pada arah bentang yang ditinjau sesuai tabel berikut.

Tabel 2. 3  $A_{s,min}$  untuk pelat dua arah nonprategang

enis Tulangan	$f_y$ , MPa	$A_{s,m} \text{ m}^2$	
Batang ulir	< 420	0,0020 $A_g$	
Batang ulir atau kawat las	420	Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A$
			0,0014 $A_g$

Sumber : SNI 2847:2019

#### 2.6.4 Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Konstruksi tangga pada perencanaan bangunan bertingkat seperti pada rumah atau bangunan umum perlu dirancang senyaman mungkin. Dalam perencanaan tangga memiliki sudut tangga yang ideal  $\pm 40^\circ$  karena pada waktu menggunakan tangga tidak terasa lelah pada saat arah naik dan tidak berbahaya pada saat arah turun dari tangga. Tangga merupakan suatu sambungan yang dapat dilalui antara tingkat sebuah bangunan, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu, baja, beton bertulang dan lain-lain. Tangga dapat bersifat permanen maupun non permanen, tangga permanen biasanya digunakan untuk menghubungkan dua bidang horisontal pada bangunan lantai bangunan yang berbeda. (Silitonga et al., 2023).

#### 2.7 Struktur Bawah

Struktur Bawah adalah bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas. Struktur bawah terdiri dari balok sloof dan pondasi. Balok Sloof merupakan balok yang berfungsi untuk mengikat pondasi satu dengan pondasi lainnya. Pondasi adalah struktur yang berada pada bagian paling bawah dari sebuah konstruksi yang berfungsi sebagai penyalur beban vertikal di atasnya dan beban horizontal ke tanah. (Wafi et al., 2021).

##### 2.7.1 Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari suatu bangunan yang menyalurkan beban secara langsung ke tanah atau batuan dibawahnya. Secara umum pondasi diartikan

sebagai struktur bagian bawah bangunan yang langsung berhubungan dengan tanah.(Mulyati et al., 2025). Secara umum, pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

**a) Pondasi Dangkal**

**1) Daya Dukung Tanah**

Daya dukung tanah ( ) kemampuan tanah memikul tekanan, atau tekanan maksimum yang diijinkan yang bekerja pada tanah di atas pondasi. Sedangkan daya dukung terfaktor (  $q_{ult}$  ) atau *Factored Bearing Capacity* adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau tekanan maksimum pada batas runtuh.

**2) Perencanaan *Pile Cap***

a) Penulangan

$$N_{m} = \frac{f}{0,85f'} \quad \text{Pers 2. 16}$$

$$N_{1}$$

Tabel 2. 4 Nilai 1

	$f_c', \text{MPa}$	$\beta$
a)	$17 < f_c' < 28$	0,85
b)	$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05 (F_c' - 28)}{7}$
c)	$f_c' > 55$	0,65

Sumber : SNI 2847:2019

$$p_m = \frac{1,4}{f} \quad \text{Pers 2. 17}$$

$$p_b = \left( \frac{0,85\beta 1 f_c'}{f} \times \left( \frac{600}{600 + f} \right) \right) \quad \text{Pers 2. 18}$$

$$p_m = 0,375 \times \frac{(600 + f)}{600} \times p_b \quad \text{Pers 2. 19}$$

$$p_p = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m}{f}} \right) \quad \text{Pers 2. 20}$$

$$\text{As perlu} = \dots \text{.b.dx} \quad \text{Pers 2. 21}$$

b) Kebutuhan tulangan minimum

Sesuai SNI 2847-2019 pasal 8.6.1.1 untuk luas minimum tulangan lentur.  $A_{smin}$  harus disediakan didekat muka tarik pada arah bentang.

c) Kontrol jarak spasi tulangan

Pada pasal 8.7.2.1 SNI 2847-2019, Untuk pelat solid nonprategang, spasi maksimum  $s$  tulangan ulir longitudinal harus yang terkecil dari  $2h$  dan  $450$  mm pada penampang kritis, dan yang terkecil dari  $3h$  dan  $450$  mm pada penampang lainnya.

$s < 2h$  atau  $450$  mm □ pada penampang kritis

$s < 3h$  atau  $450$  mm □ pada penampang lainnya

b) **Pondasi Dalam**

Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai ke dalam yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

a) Daya dukung ijin bore pile

1) Daya dukung ijin tekan

$$p = \frac{q \times A}{F_1} + \frac{\sum l_i f_i \times A_s}{F_2} \quad \text{Pers 2. 22}$$

Dimana :

$P_a$  : daya dukung ijin tekan bore pile

$q_c$  : 20N, untuk silt/clay, 40N, untuk sand

$A_p$  : luas penampang tiang,  $\text{mm}^2$

$A_{st}$  : keliling penampang tiang, mm

$l_i$  : panjang segmen tiang yang ditinjau, mm

$F_i$  : gaya geser pada selimut segmen tiang

12 Ton/m<sup>2</sup> untuk silt/clay, 10 Ton/m<sup>2</sup>, untuk sand

$FK_1, FK_2$  : factor keamanan, 3 dan 5 Berdasarkan kekuatan material

$$P_a = \sigma_b \times A_p \quad \text{Pers 2. 23}$$

Dimana :

- $P_a$  : daya dukung ijin tekan tiang
- $\sigma_b$  : tegangan tekan ijin bahan tiang
- $A_p$  : luas penampang tiang

b) Daya dukung ijin Tarik

1) Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{P}{P_a} \quad \text{Pers 2. 24}$$

Dimana :

- $n_p$  : jumlah tiang
- $P$  : gaya aksial yang terjadi
- $P_{all}$  : daya dukung ijin tiang

2) Efisiensi kelompok tiang

$$E_{g=1-\theta} = \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90m} \quad \text{Pers 2. 25}$$

$$\theta = \arctg D/S \quad \text{Pers 2. 26}$$

Dimana :

- $E_g$  : efisiensi kelompok tiang
- $\theta$  : arc tg (D/s) derajat
- $m$  : jumlah tiang dalam 1 kolom
- $n$  : jumlah tiang dalam 1 baris
- $D$  : ukuran penampang tiang
- $S$  : jarak antar tiang (as ke as)

3) Beban maksimum tiang pada kelompok tiang

$$P_m = \frac{P}{n} \pm \frac{M \times X}{n \sum x^2} \pm \frac{M \times Y}{n \sum x^2} \quad \text{Pers 2. 27}$$

Dimana :

- $P_{maks}$  : beban maksimum tiang
- $P_u$  : gaya aksial yang terjadi
- $M_y$  : momen yang bekerja tegak lurus sumbu y
- $M_x$  : momen yang bekerja tegak lurus sumbu x

- $X_{maks}$  : jarak tiang arah sumbu x terjauh  
 $Y_{maks}$  : jarak tiang arah sumbu y terjauh  
 $x^2$  : jumlah kuadrat x  
 $y^2$  : jumlah kuadrat y  
 $N_x$  : banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x  
 $N_y$  : banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y  
 $N_p$  : jumlah tiang

4) Daya dukung horizontal

Jika  $M_{maks} > M_y$  maka tiang termasuk tiang panjang. Sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$H_u = \frac{P \cdot 2M}{3D/2 + f/2} \quad \text{Pers 2. 28}$$

5) Kontrol defleksi tiang vertikal

Untuk tiang dalam tanah kohesif, defleksi tiang dikaitkan dengan factor tak berdimensi  $\beta$ , dengan :

$$\beta = \left( \frac{kh^D}{4E} \right)^{1/4} \quad \text{Pers 2. 29}$$

Tiang ujung jepit sebagai tiang panjang (bila  $L_p > 1,5$ )

$$y = \frac{H}{kh^D} \quad \text{Pers 2. 30}$$

6) Keruntuhan kelompok tiang

$$Q = (2L_p(B+L)c_u + 1,3chS'N_cBL) \times 1/S F \quad \text{Pers 2. 31}$$

Dimana :

- $Q$  : kapasitas dukung kelompok tiang  
 $L_p$  : kedalaman tiang di bawah permukaan tanah  
 $B$  : lebar kelompok tiang, dihitung dari pinggir tiang  
 $L$  : panjang kelompok tiang, dihitung dari pinggir tiang  
 $c_u$  : kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang  
 $ch$  : kohesi tanah di bawah dasar kelompok tiang  
 $S'$  : factor bentuk  
 $N_c$  : factor kapasitas dukung

SF : factor keamanan

7) Gesekan negatif

Di bawah ini adalah hal-hal yang harus diwaspadai. Bila ada salah satu kondisi terpenuhi, maka gaya gesekan negatif perlu dihitung.

- a) Penurunan total permukaan tanah lebih dari 100 mm
- b) Penurunan permukaan tanah setelah tiang-tiang dipancang melebihi 10 mm
- c) Tinggi timbunan diatas permukaan tanah lebih dari 10 m
- d) Tebal lapisan lunak yang berkonsolidasi lbih dari 10 m
- e) Muka air tanah mengalami penurunan lebih dari 4 m panjang tiang lebih dari 25 m.

8) Tiang tunggal

Gaya gesek negative pada tiang tunggal menurut Johanessen & Bjerrum (1965) :

$$Q_{neg} = A_s \times c_a \quad \text{Pers 2. 32}$$

$$c_a = p_o \times K_{dtan} \quad \text{Pers 2. 33}$$

- Dimana :
- $Q_{neg}$  : gaya gesek negatif tiang tunggal
  - $A_s$  : luas selimut dinding tiang
  - $c_a$  : gaya gesek negative persatuan luas tiang tunggal
  - $p_o$  : tekanan overburden efektif tanah rata-rata atau tegangan efektif sebelum penerapan beban, di tengah-tengah lapisan.
  - $K_{dtan}$  : sesuai tabel

Tabel 2. 5 Nilai **Kdtan** Yang Disarankan Oleh Broms (1976)

No	Macam Tanah	Kdtan
1	Urugan batu	0,40
2	Pasir dan krikil	0,35
3	Lanau atau lempung terkonsolidasi normal berplastisitas rendah sampai sedang ( $p_i < 50\%$ )	0,30
4	Lempung terkonsolidasi normal berplastisitas tinggi	0,20

Sumber : teori Broms (1976)

9) Kelompok tiang

Gaya gesek negative yang bekerja pada tiang tunggal dari suatu kelompok tiang :

$$Q_n = \frac{1}{n} (2D (L + Y))$$

Pers 2. 34

Dimana :

$Q_{neg}$  : gaya gesek negat pada masing-masing tiang dalam kelompok tiang

$N_p$  : jumlah tiang dalam kelompoknya

$D_n$  : kedalaman tiang sampai titik netral (m)

$L$  : panjang area kelompok tiang

$B$  : lebar area kelompok tiang

$C_u$  : kohesi tak terdrainase rata-rata pada lapisan sedalam

$D_n$

: berat volume tanah dalam  $D_n$

#### 10) Penurunan kelompok tiang

$$S = S_i + S_c$$

Pers 2. 35

Dimana :

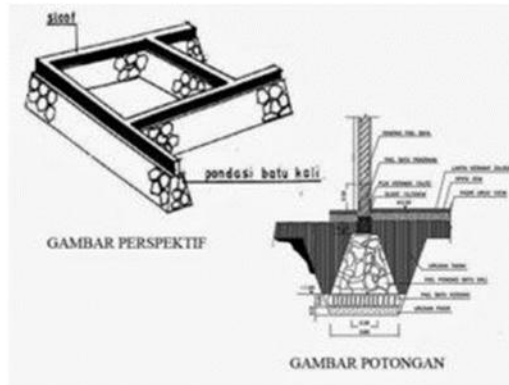
$S$  : penurunan total

$S_i$  : immediate settlement

$S_c$  : consolidation settlement

#### 2.7.2 Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang ada di atas pondasi bangunan. Jenis dari konstruksi beton bertulang ini umumnya dibuat pada bangunan rumah tinggal atau pun gedung serta posisinya ada pada lantai 1 atau pun orang-orang yang biasa menyebutnya sebagai lantai dasar. Ini sebabnya kenapa kita sangat jarang sekali melihat bentuk sloof pada saat bangunan sudah berdiri tegak, meskipun bentuk sloof tersebut tak terlihat, akan tetapi fungsi dari sloof akan sangat dibutuhkan sekali di dalam suatu bangunan.



Gambar 2. 6 sloof

*Sumber : Dipohusodo, I. (1996)*

## 2.8 Persyaratan Sistem Struktur

Pada perencanaan pembangunan struktur harus adanya persyaratan sistem struktur yang diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019, antar lain :

### 2.8.1 Material

Pada pasal 19 dan pasal 20 pada SNI 2847:2019 Mendefinisikan properti beton dan tulangan baja yang dapat digunakan dalam desain. Untuk pasal 19 Persyaratan desain beton, antara lain :

#### 1) Persyaratan kekuatan tekan

Persyaratan untuk campuran beton berdasarkan pada falsafah bahwa beton hendaknya memiliki kekuatan dan durabilitas yang memadai. Standar ini menjelaskan nilai minimum  $f_c'$  untuk struktur beton. Tidak ada batasan untuk nilai maksimum  $f_c'$  kecuali disyaratkan oleh ketentuan standar yang spesifik.

Campuran beton harus memiliki kekuatan tekan rata-rata melebihi nilai  $f_c'$  yang digunakan pada perhitungan desain struktur. Nilai kekuatan rata-rata beton yang melebihi  $f_c'$  harus berdasarkan pada konsep statistik. Ketika beton didesain untuk mencapai kekuatan lebih besar dari  $f_c'$ , hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa uji kekuatan beton akan memiliki probabilitas tinggi untuk memenuhi kriteria penerimaan kekuatan.

Untuk desain sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus yang digunakan untuk menahan gaya gempa, standar ini membatasi nilai maksimum  $f_c'$  untuk beton ringan menjadi 35 MPa. Batasan ini diberlakukan terutama karena kurangnya data eksperimental dan lapangan terkait perilaku

komponen-komponen dengan material beton ringan yang mengalami simpangan bolak-balik dalam rentang nonlinear.

2) Modulus elastis

Perumusan modulus elastisitas beton diringkas dalam Pauw 1960, yang mana  $E_c$  didefinisikan sebagai kemiringan garis yang digambar dari tegangan nol hingga tegangan tekan sebesar  $0,45f_c'$ . Modulus elastisitas untuk beton sensitif terhadap modulus elastisitas agregat dan proporsi campuran beton. Nilai modulus elastisitas terukur berkisar antara 80 hingga 120 persen dari nilai terhitung.

Modulus elastisitas beton,  $E_c$  diizinkan untuk di hitung berdasarkan :

- a) untuk nilai  $w_c$  diantara 1400 dan 2560 kg/m<sup>3</sup>

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 f_c' (\text{MPa}) \quad \text{Pers 2. 36}$$

- b) Untuk beton normal

$$E_c = 4700 f_c' (\text{MPa}) \quad \text{Pers 2. 37}$$

3) Modulus retak

Modulus retak beton  $f_r$  dapat di hitung dengan menggunakan :

$$f_r = 0,621 f_c' \quad \text{Pers 2. 38}$$

Dimana nilai  $l$  diambil sesuai dengan pasal 19.2.4

Pada pasal 20 SNI 2847:2019 tentang properti baja tulangan, batang dan kawat nonprategang :

Tulangan dan kawat nonprategang harus berulir, kecuali untuk batang atau kawat polos diperbolehkan digunakan sebagai tulangan spiral. Kekuatan leleh tulangan dan kawat nonprategang harus ditentukan dengan mengikuti, antara lain :

- a) Metode offset, dengan menggunakan offset sebesar 0,2 persen sesuai ASTM A370.
- b) Titik leleh dengan menggunakan metode penghentian gaya (*halt of force*), dengan catatan tulangan atau kawat nonprategang memiliki titik leleh yang jelas.

Pada tulangan ulir harus sesuai dengan poin-poin sebagai berikut:

- a. ASTM A615 M – Baja karbon
- b. ASTM A706 M – Baja alloy rendah

- c. ASTM A996 M – Baja as dan baja rel; tulangan dari baja rel harus bertipe R
- d. ASTM A966 M – Baja nirkarat (stainless)
- e. ASTM A1035 M – Baja karbon kromium rendah

Untuk batang dan kawat nonprategang, tegangan di bawah  $f_y$  adalah  $E_s$  dikalikan dengan regangan baja. Untuk regangan lebih besar dari regangan yang menyebabkan  $f_y$  maka tegangan harus dianggap tidak terpengaruh dengan regangan dan sama dengan  $f_y$ . Pada perhitungan kekuatan nominal, gaya yang terjadi pada tulangan tarik maupun tekan dihitung sebagai berikut :

Jika  $s < y$  (regangan leleh)

$$A_s f_s = A_s E_s s \quad \text{Pers 2. 39}$$

Jika  $s \geq y$

$$A_s f_s = A_s f_y \quad \text{Pers 2. 40}$$

Dengan  $s$  adalah nilai dari diagram regangan pada lokasi tulangan. Modulus elastisitas,  $E_s$ , untuk batang dan kawat nonprategang diizinkan untuk diambil sebesar 200.000 Mpa. Kekuatan leleh untuk batang dan kawat nonprategang harus berdasarkan mutu tulangan yang ditentukan dan tidak boleh melebihi nilai yang ditetapkan pada tabel 2.4 dan 2.5 untuk penggunaan yang sesuai.

Tabel 2. 6 Tulangan Ulir Nonprategang

Penggunaan	Aplikasi	$f_y$ atau $f_{yt}$ maks. yang diizinkan untuk perhitungan desain, (MPa)	Spesifikasi ASTM yang sesuai			
			Batang ulir	Kawat ulir	Kawat yang dilas	Batang ulir yang dilas
Lentur; gaya aksial; dan susut dan suhu	Sistem seismik khusus	420	Mengacu pada 20.2.2.5	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan
	lainnya	550	A615M A706M A955M A996M	A1064M A1022M	A1064M A1022M	A184M <sup>[1]</sup>

Kekangan lateral dari batang longitudinal atau kekangan beto	Sistem seismik khusus	700	A615M, A706M, A955M, A996M A1035M	A1064M A1022M	A1064M <sup>[2]</sup> A1022M <sup>[2]</sup>	Tidak diizinkan
	Spira	700	A615M A706M A955M A996M A1035M	A1064M A1022M	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan
	Lainnya	550	A615M A706M, A955M A996M	A1064M A1022M	A1064M A1022M	Tidak diizinkan
Geser	Sistem seismik khusus	420	A615M, A706M A955M A996M	A1064M, A1022M	A1064M <sup>[2]</sup> A1022M <sup>[2]</sup>	Tidak diizinkan
	Spiral	420	A615M, A706M, A955M A996M	A1064M, A1064M,	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan
	geser friks	420	A615M A706M A955M A996M	A1064M A1022M	A1064M A1022M	Tidak diizinkan
	sengkang, sengkang ikat, sengkang pengegang	420	A615M A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M Kawat las polos	Tidak diizinkan
		550	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan	A1064M, A1022M Kawat las ulir	Tidak diizinkan

Torsi	Longitudinal dan transversal	420	A615M A706M, A955M A996M	A1064M A1022M	A1064M, A1022M	Tidak diizinkan
-------	------------------------------	-----	-----------------------------------	------------------	-------------------	-----------------

Sumber : SNI 2847:2019

[1] Tulangan kawat las ulir harus diizinkan untuk dirangkai menggunakan ASTM A615M atau A706M. [2] ASTM A1064M dan A1022M tidak diizinkan pada sistem seismik khusus dimana las disyaratkan untuk menahan tegangan sebagai respons dari pengekangan, tumpuan lateral dari batang longitudinal, geser atau aksi lainnya

Tabel 2. 7 Tulangan spiral polos nonprategang

Penggunaan	Aplikasi	$f_y$ atau $f_{yt}$ maks. yang diizinkan untuk perhitungan desain, (MPa)	Spesifikasi ASTM yang sesuai	
			Batang polos	Kawat polos
Kekangan lateral dari batang longitudinal; atau kekangan beton	Spiral pada sistem gempa khusus	700	A615M, A706M, A955M, A1035M	A1064M, A1022M
	Spiral	700	A615M, A706M A955M, A1035M	A1064M, A1022M
Geser	Spiral	420	A615M, A706M A955M, A1035M	A1064M, A1022M
Torsi pada balok nonprategang	Spiral	420	A615M, A706M, A955M, A1035M	A1064M, A1022M

Sumber : SNI 2847:2019

## 2.9 Pembebanan

Menurut (PPIUG, 1983) Beban adalah sekelompok gaya yang akan bekerja pada suatu luasan struktur. Setiap bangunan selalu memiliki beban baik beban structural maupun beban yang ditimbulkan oleh manusia, dimana semua beban tersebut bisa mempengaruhi kekuatan suatu bangunan.

Sesuai SNI 1727-2020, pembebanan termasuk dalam gaya maupun akibat lainnya berupa berat bangunan dari struktur atas, orang yang ada didalamnya, dan perabotan yang terdapat didalam bangunan tersebut. Sementara terdapat juga efek dari lingkungan, adanya pergerakan, dan adanya perubahan dimensi akibat adanya suatu gaya, beban hidup yang didapatkan dari penghuni didalam bangunan tersebut bukan dalam beban lingkungan, selain itu terdapat beban hujan, angin, dan lainnya.

## **2.9.1 Desain Terhadap Beban Vertikal (Gravitasi)**

### **a) Beban Mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.(Badan Standardisasi Indonesia, 2020).

Sesuai dengan SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, beban mati dalam struktur dibagi menjadi 2, yaitu beban mati karena bahan konstruksi, misalnya: balok, pelat, kolom, dinding geser, kuda, dan Lainnya dan beban mati karena berat peralatan layanan tetap, misalnya: plumbing, mekanikal elektrikal, batu bata, atap, langit-langit, keramik, kaca, bingkai dan lainnya. Pada pasal 3.1.2 dalam menentukan beban mati untuk perencanaan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

### **b) Beban Hidup**

Beban hidup (live load) adalah Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.(Badan Standardisasi Indonesia 2020).

Beban tersebut sewaktu-waktu ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur yang direncanakan. Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung. Akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam SNI 1727:2020 pada tabel di bawah ini.

### **c) Beban Air Hujan**

Beban Air Hujan (Rain load) adalah Beban terbagi rata air hujan pada suatu atap bangunan. Untuk beban air hujan dibagi menjadi 2 yaitu beban air hujan pada atap miring dan beban air hujan pada atap datar.

- 1) Beban air hujan pada atap miring dapat ditentukan sesuai SNI 1727- 1987 pasal 2.1.2.2.2 dengan persamaan :

$$Wah = 40 - 0,8 \quad \text{Pers 2. 41}$$

Dengan :

$\alpha$  : sudut kemiringan atap, derajat (jika  $\alpha > 50^\circ$  dapat diabaikan).

Wah : beban air hujan, kg/m<sup>2</sup> (min. Wah atau 20 kg/m<sup>2</sup>).

- 2) Beban air hujan pada atap datar dapat ditentukan sesuai SNI 1727- 2020 pasal 8.3 dengan persamaan :

$$R = 0,0098 (d_s + d_h) \quad \text{Pers 2. 42}$$

Dengan :

R : Beban air hujan (kN/m<sup>2</sup>)

$d_s$  : Kedalaman air pada atap apabila sistem drainase primer tertutup (mm)

$d_h$  : Tambahan kedalaman air pada atap diatas lubang masuk sistem drainase sekunder (mm)

### 2.9.2 Desain Terhadap Beban Horizontal (Lateral)

Stabilitas lateral dapat diperoleh jika elemen vertikal dan struktur horizontal dirancang untuk menahan beban lateral. Mekanisme yang dapat memastikan stabilitas lateral diperoleh dengan adanya hubungan kaku untuk mendapatkan zona geser yang kaku yang dapat menahan adanya beban lateral.

#### a) Beban angin

Beban angin (wind load) terjadi karena adanya selisih dalam tekanan udara dan bekerja pada gedung. Menurut SNI 1727:2020 untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 16 lb/ft<sup>2</sup> (0,77 kN/m<sup>2</sup>) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 8 lb/ft<sup>2</sup> (0,38 kN/m<sup>2</sup>)

dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan.

Tekanan angin didesain pada komponen dan klading untuk seluruh bangunan gedung dengan  $h > 60$  ft (18,3 m), maka tekanan tiup angin tersebut harus dihitung sesuai SNI 1727:2020 pasal 27.3.1 dengan rumus :

$$p = qGCp - qi \quad (GCpi) \quad \text{Pers 2. 43}$$

Dengan :

$q$  :  $qz$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  diatas permukaan tanah

$q$  :  $qh$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$

$qi$  :  $qh$  untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup, dan untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan tertutup sebagian.

$qi$  :  $qz$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung. Yang terletak di wilayah puing terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, haru diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan pasal 26.12.3 untuk menghitung tekanan internal positif,  $qi$  secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $qi = qh$ )

$G$  : Faktor efek hembusan angin, pada pasal 26.11 untuk bangunan gedung fleksibel,  $Gf$  yang ditentukan menurut pasal 26.11.5 harus menggantikan  $G$

$Cp$  : Koefisien tekanan eksternal

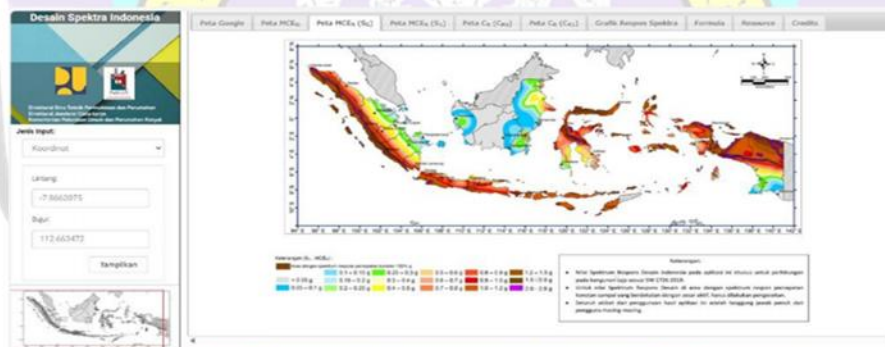
$GCpi$  : Koefisien tekanan internal

## b) Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang diakibatkan dari adanya gerakan tanah yang disebabkan gempa bumi yang terdiri dari gempa bumi tektonik, dan vulkanik yang berpengaruh terhadap struktur tersebut. Analisa beban gempa di atur dalam SNI 1726-2019. Didalam SNI 1726:2019 gempa yang direncanakan sebagai gempa dengan kemungkinan / probabilitas terlampaui selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Berikut adalah langkah-langkah dalam penentuan beban gempa.

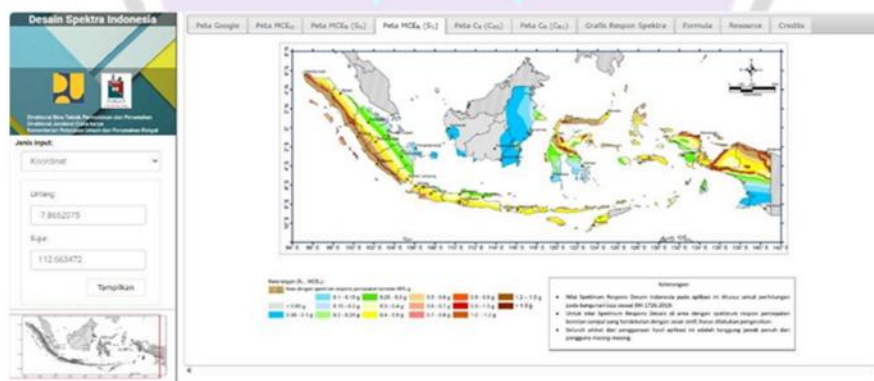
### 2.10 Penentuan Peta Zona Gempadi Indonesia

Penentuan zona gempa pada area ditinjau bertujuan untuk memperoleh nilai parameter  $S_s$  dan nilai parameter  $S_1$ . Parameter  $S_s$  adalah parameter respon spectral percepatan gempa  $MCER$  yang terpetakan pada periode pendek, dan  $S_1$  adalah parameter respons spectral gempa  $MCER$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.



Gambar 2. 7 Peta MCER ( $S_s$ )

Sumber : <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>



Gambar 2. 8 Peta MCER ( $S_1$ )

## 2.11 Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_D \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad \text{Pers 2. 44}$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_S$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ,
- 3) Untuk periode lebih besar dari  $T_S$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad \text{Pers 2. 45}$$

- 4) Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad \text{Pers 2. 46}$$

Keterangan :

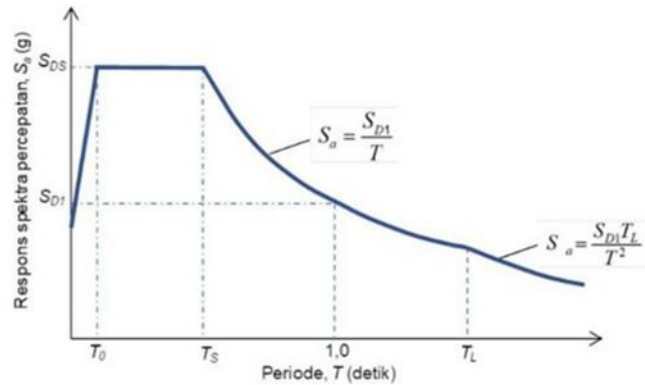
$S_{DS}$  Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$S_{D1}$  Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_D} \quad \text{Pers 2. 47}$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_D} \quad \text{Pers 2. 48}$$



Gambar 2. 9 Spektrum Respon Desain

Sumber : <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

### 2.12 Kategori Desain Seismik

Pada bangunan yang direncanakan harus dianalisa sesuai dalam kategori desain seismik (KDS) sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2. 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai Parameter $S_{DS}$	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
$0,50 < S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai Parameter $S_{D1}$	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
$0,20 < S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2019

### 2.13 Koefisien Respon Seismik

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.1.1, nilai koefisien respons seismik,  $C_s$ , wajib dipilih dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad \text{Pers 2. 49}$$

Dimana :

SDS : parameter percepatan respons spectral desain pada periode

pendek R : koefisien modifikasi respons

Ie : faktor keamanan gempa

Nilai  $C_s$  yang dihitung tidak perlu melebihi :

Untuk  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_D}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{Pers 2. 50}$$

Untuk  $T > T_L$

$$C_t = \frac{S_{D1} T}{T^2 \left(\frac{R}{I_t}\right)} \quad \text{Pers 2. 51}$$

Nilai  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S D S I_e^3 \geq 0,01 \quad \text{Pers 2. 52}$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad \text{Pers 2. 53}$$

Dimana :

Ie dan R sebagaimana didefinisikan dalam 0, dan

SD1 : parameter pada percepatan respon spectral desain periode 1,0 detik

T : periode fundamental struktur (detik)

TL : peta transisi perioda panjang (detik)

S1 : parameter percepatan respons spectral maksimum yang ditentukan

#### 2.14 Berat Efektif Seismik ( $W_t$ )

Berat efektif seismik terdiri dari seluruh beban mati dan beban-beban sebagai berikut, yaitu arah yang digunakan adalah dengan minimal sebesar 25% nilai beban hidup yang telah dianalisa dan 100% untuk beban mati yang otomatis dihitung oleh software RSAP, sementara untuk beban mati tambahan perlu untuk ditambahkan juga.

#### 2.15 Gaya Geser Dasar Seismik

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.1, gaya geser dasar seismik ( $V$ ) dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V = C_s W \quad \text{Pers 2. 54}$$

Dimana :

$V$  : gaya geser dasar seismik

$C_s$  : koefisien respon seismik

$W$  : berat seismik efektif menurut 0

#### 2.16 Kombinasi Dasar Beban

Struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi berikut efek dari satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus dipertimbangkan. (Badan Standardisasi Indonesia 2020).

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5(L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6(L, \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $0,9D + 1,0W$

#### 2.17 Analisis Struktur

Analisis struktur merupakan ilmu untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik dan komponennya. Adapun cabang pemakaiannya meliputi analisis bangunan, jembatan, perkakas, mesin, tanah, dll. Analisis struktur menggabungkan bidang mekanika teknik, teknik material dan matematika teknik untuk menghitung deformasi struktur, kekuatan internal, tegangan, tekanan, reaksi tumpuan, percepatan, dan stabilitas. Hasil analisis tersebut digunakan untuk

memverifikasi kekuatan struktur yang akan maupun telah dibangun. Dengan demikian analisis struktur merupakan bagian penting dari desain rekayasa struktur.(Fadhil, 2022).

### **2.18 Volume Pekerjaan (Bill of Quantity)**

Bill of Quantity atau volume sutau pekerjaan adalah pengukuran kuantitatif yang sangat penting untuk menentukan jumlah material dan sumberdaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Hal ini melibatkan perhitungan jumlah material seperti beton, baja, tanah, dan lain-lain yang akan digunakan.(Amar et al., 2025).

### **2.19 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)**

Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) ini adalah harga untuk setiap pekerjaan yang terdiri dari beberapa komponen dengan nilai koefisien yang berdasarkan perhitungan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan penentuan besaran nilai koefisien disesuaikan dengan metode pelaksanaan yang akan diterapkan.

Karena analisa harga satuan merupakan jumlah dari perkalian produktifitas tenaga, produktifitas peralatan, jumlah material yang digunakan dan alat bantu maka sebelum melakukan analisa harga satuan pekerjaan, kita perlu mengetahui harga upah, harga bahan, harga sewa peralatan dan alat bantu yang digunakan untuk pekerjaan ini.

Harga upah dan harga bahan sangat tergantung dari lokasi pekerjaan, dan baisanya didapat di PU Kota/Kabupaten setempat. Sedangkan sewa peralatan tergantung dari Jenis peralatan yang digunakan. Secara umum Harga satuan pekerjaan meliputi semua biaya yang berhubungan dengan penyelenggaraan (handling) pekerjaan, pembayaran tenaga kerja, material, peralatan instalasi/mesin dan peralatan, penyusutan, overhead, keuntungan, pengobatan, pajak, ijin, pelayanan sosial, asuransi kecelakaan dan semua yang berhubungan dengan pekerjaan tersebut.

Analisa harga satuan mengacu pada : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor: 11/PRT/M/2016; Tanggal 8 Agustus 2016 Tentang

Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Perlu ditekankan disini bahwa komponen overhead dan profit dengan besaran 15 %.

Bagian ini hanya memasukan analisis harga satuan pekerjaan bidang cipta karya khususnya devisi 3 (Pekerjaan Struktural) diantaranya yaitu :

Tabel 2. 10 pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk pondasi

<b>A.4.1.1.20 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk pondasi</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.520	Rp 139,481.00	Rp 72,530.12
	Tukang kayu	L.02	OH	0.260	Rp 170,560.00	Rp 44,345.60
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.026	Rp 179,920.00	Rp 4,677.92
	Mandor	L.04	OH	0.026	Rp 190,320.00	Rp 4,948.32
					Jumlah Tenaga Kerja	<b>Rp 126,501.96</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 8,030,827	Rp 321,233.08
	Paku 5-10 cm		kg	0.300	Rp 22,880.00	Rp 6,864.00
	Minyak bekisting		Liter	0.100	Rp 4,576.00	Rp 457.60
					Jumlah Harga Bahan	<b>Rp 328,554.68</b>
C	PERALATAN					
					Jumlah Harga Alat	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 455,056.64</b>
E	<i>Overhead &amp; Profit 15%</i>			15% x D (maksimum)		<b>Rp 68,258.50</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 523,315.14</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 11 (K3) pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk sloof

<b>A.4.1.1.21 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk sloof</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.520	Rp 139,481.00	Rp 72,530.12
	Tukang Kayu	L.02	OH	0.260	Rp 170,560.00	Rp 44,345.60
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.026	Rp 179,920.00	Rp 4,677.92
	Mandor	L.04	OH	0.026	Rp 190,320.00	Rp 4,948.32

				Jumlah Tenaga Kerja		<b>Rp 126,501.96</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.045	Rp 8,030,827	Rp 361,387.22
	Paku 5cm-10 cm		kg	0.300	Rp 4,576.00	Rp 1,372.80
	Minyak bekisting		Liter	0.100	Rp 4,576.00	Rp 457.60
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 363,217.62</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 489,719.58</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 73,457.94</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 563,177.51</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 12 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk kolom

A.4.1.1.22 (K3) Pemasangan 1 m <sup>3</sup> bekisting untuk kolom						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang kayu	L.02	OH	0.330	Rp 170,560.00	Rp 56,284.80
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
				Jumlah Tenaga Kerja		<b>Rp 160,560.18</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 8,030,827.00	Rp 321,233.08
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804.00	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu 8-10 cm-panjang 4 m		Btg	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 695,222.94</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>

D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 855,783.12</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 128,367.47</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 984,150.59</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 13 (K3) pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk balok

<b>A.4.1.1.23 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk balok</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang kayu	L.02	OH	0.330	Rp 170,560.00	Rp 56,284.80
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
				Jumlah Tenaga Kerja		<b>Rp 160,560.18</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 8,030,827	Rp 321,233.08
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.018	Rp 15,268,804	Rp 274,838.47
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu 8-10 cm-panjang 4 m		Batang	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 741,029.35</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 901,589.53</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 135,238.43</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 1,036,827.96</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 14 (K3) pemasangan 1<sup>2</sup> m bekisting untuk lantai

<b>A.4.1.1.24 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk lantai</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					

	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang kayu	L.02	OH	0.330	Rp 170,560.00	Rp 56,284.80
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
				Jumlah Tenaga Kerja		<b>Rp 160,560.18</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 8,030,827	Rp 321,233.08
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156	Rp 42,754.60
	Dolken kayu galam ( 8-10) cm panjang 4 m		Btg	6.000	Rp 101,899	Rp 611,394.00
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 1,214,480.94</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 1,375,041.12</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 206,256.17</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 1,581,297.29</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 15 (K3) pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk tangga

A.4.1.1.26 (K3) Pemasangan 1 m <sup>2</sup> bekisting untuk tangga						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang kayu	L.02	OH	0.330	Rp 170,560.00	Rp 56,284.80
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
				Jumlah Tenaga Kerja		<b>Rp 160,560.18</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.030	Rp 8,030,827	Rp 240,924.81
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.150	Rp 4,576	Rp 686.40

	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156	Rp 42,754.60
	Dolken kayu 8-10 cm-panjang 4 m		Btg	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 614,685.87</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 775,246.05</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 116,286.91</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 891,532.96</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 16 membuat 1 m' kolom praktis beton bertulang (11 x 11) cm

A.4.1.1.35 Membuat 1 m' kolom praktis beton bertulang (11 x 11) cm						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.180	Rp 139,481.00	Rp 25,106.58
	Tukang batu	L.02	OH	0.020	Rp 164,937.00	Rp 3,298.74
	Tukang kayu	L.02	OH	0.020	Rp 170,560.00	Rp 3,411.20
	Tukang besi	L.02	OH	0.020	Rp 170,560.00	Rp 3,411.20
	Kepala tukang	L.03	OH	0.006	Rp 179,920.00	Rp 1,079.52
	Mandor	L.04	OH	0.009	Rp 190,320.00	Rp 1,712.88
				Jumlah Tenaga Kerja		Rp 38,020.12
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.002	Rp 8,030,827	Rp 16,061.65
	Paku 5 cm – 12 cm		kg	0.01	Rp 22,880	Rp 228.80
	Minyak bekisting		Liter	0.150	Rp 4,576	Rp 686.40
	Besi beton polos		kg	3.000	Rp 13,684	Rp 41,052.00
	Kawat beton		kg	0.450	Rp 20,339	Rp 9,152.55
	Semen Portland		kg	4.000	Rp 1,508	Rp 6,032.00
	Pasir Beton		m <sup>3</sup>	0.006	Rp 219	Rp 1.31
	Kerikil		m <sup>3</sup>	0.009	Rp 282,487	Rp 2,542.38
				Jumlah Harga BAHAN		Rp 75,757.10
C	PERALATAN					

					Rp	-
				Jumlah Harga Alat	Rp	-
D	Jumlah (A+B+C)				Rp	113,777.22
E	Overhead & Profit (Contoh 15%)		15% x D (maksimum)		Rp	17,066.58
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp	130,843.80

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 17 membuat 1 m' ring balok beton bertulang (10 x 15) cm

A.4.1.1.36 Membuat 1 m' ring balok beton bertulang (10 x 15) cm						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.297	Rp 139,481.00	Rp 41,425.86
	Tukang batu	L.02	OH	0.033	Rp 164,937.00	Rp 5,442.92
	Tukang kayu	L.02	OH	0.033	Rp 170,560.00	Rp 5,628.48
	Tukang besi	L.02	OH	0.033	Rp 170,560.00	Rp 5,628.48
	Kepala tukang	L.03	OH	0.010	Rp 179,920.00	Rp 1,799.20
	Mandor	L.04	OH	0.015	Rp 190,320.00	Rp 2,854.80
				Jumlah Tenaga Kerja		Rp 62,779.74
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.003	Rp 8,030,827	Rp 24,092.48
	Paku 5 cm – 12 cm		kg	0.020	Rp 22,880	Rp 457.60
	Minyak bekisting		Liter	0.150	Rp 4,576	Rp 686.40
	Besi beton polos		kg	3.600	Rp 13,684	Rp 49,262.40
	Kawat beton		kg	0.050	Rp 20,339	Rp 1,016.95
	Semen Portland		kg	5.500	Rp 1,508	Rp 8,294.00
	Pasir Beton		m <sup>3</sup>	0.009	Rp 455,000	Rp 4,095.00
	Kerikil		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 282,487	Rp 4,237.31
				Jumlah Harga Bahan		Rp 92,142.14
C	PERALATAN					
						Rp -
				Jumlah Harga Alat		Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp	154,921.87
E	Overhead & Profit (Contoh 15%)		15% x D (maksimum)		Rp	23,238.28
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp	178,160.16

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 18 Pembesian 10 Kg dengan besi polos atau ulir

<b>A.4.1.1.36 Pembesian 10 Kg dengan besi polos atau ulir</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.070	Rp 139,481.00	Rp 9,763.67
	Tukang besi	L.02	OH	0.070	Rp 170,560.00	Rp 11,939.20
	Kepala tukang	L.03	OH	0.007	Rp 179,920.00	Rp 1,259.44
	Mandor	L.04	OH	0.004	Rp 190,320.00	Rp 761.28
					Jumlah Tenaga Kerja	Rp 23,723.59
B	BAHAN					
	Besi beton (polos/ulir)		kg	10.500	Rp 11,856.00	Rp 124,488.00
	Kawat beton		kg	0.150	Rp 20,339.00	Rp 3,050.85
					Jumlah Harga Bahan	Rp 127,538.85
C	PERALATAN					
						Rp -
					Jumlah Harga Alat	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)					Rp 151,262.44
E	Overhead & Profit (Contoh 15%)				15% x D (maksimum)	Rp 22,689.37
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					Rp 173,951.81

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

Tabel 2. 19 Membuat 1 m<sup>3</sup> beton mutu f'c = 24,0 Mpa

<b>A.4.1.1.9 Membuat 1 m<sup>3</sup> beton mutu f'c = 24,0 Mpa</b>						
No	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	1.650	Rp 139,481.00	Rp 230,143.65
	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 164,937.00	Rp 45,357.68
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.028	Rp 179,920.00	Rp 5,037.76
	Mandor	L.04	OH	0.083	Rp 190,320.00	Rp 15,796.56
					Jumlah Tenaga Kerja	<b>Rp 296,335.65</b>
B	BAHAN					
	Semen Portland		kg	406.000	Rp 1,508.00	Rp 612,248.00
	Pasir beton		kg	684	Rp 219.00	Rp 149,796.00

	Kerikil (Maks 30 mm)		kg	1026	Rp 232.00	Rp 238,032.00
	Air		Liter	215	Rp 14.00	Rp 3,010.00
				Jumlah Harga Bahan		<b>Rp 1,003,086.00</b>
C	PERALATAN					
				Jumlah Harga Alat		<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 1,299,421.65</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 194,913.25</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 1,494,334.89</b>

Sumber : Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

## 2.20 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) dan penjadwalan proyek merupakan aspek yang sangat penting agar proyek dapat dikatakan sukses. Dengan membuat rencana anggaran, bisa memperkirakan total anggaran yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek konstruksi. Penjadwalan proyek mempunyai tugas antara lain untuk memperoleh gambaran tentang potensi kemampuan suatu proyek, menganalisis anggaran proyek dan mengalokasikan sumber daya dan material yang digunakan agar proyek lebih efisien dan efektif. (HELENA LOURA Choriana, HS Wijaya, 2023).

Dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya berpatokan pada volume dan harga satuan yang telah dihitung di depan. Pada akhir jumlah biasanya ditambahkan PPN (Pajak Pertambahan Nilai) sebesar 15 %

## 2.21 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah upaya untuk membandingkan hasil dari penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dilakukan saat ini agar penelitian berkesinambungan sehingga dapat menghasilkan sebuah penelitian yang lebih kompleks.

Tabel 2. 20 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Variabel	Hasil Penelitian	Variabel Rencana (Disertai Dengan Alasan Kenapa Variabel Perlu Dimasukan)	
1	Nawir Rasidi, Armin Naibaho,	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN	mengumpulkan data teknis dan sekunder, kemudian	penggunaan perangkat lunak analisis dan modeling	proses analisis dan desain struktur dengan menggunakan perangkat lunak RSAP 2019 dan Revit 2019 secara	Metodologi penelitian dan Pemodelan	

Faza Tegar Parefi	UNIVERSITAS ISLAM BALITAR KOTA BLITAR	melakukan analisis struktur menggunakan perangkat lunak RSAP 2019 sesuai standar SNI. Data hasil analisis diimpor ke Revit 2019 melalui proses integrasi tanpa pemodelan ulang, lalu dilakukan detailing penulangan	(RSAP 2019 dan Revit 2019), yang berfungsi sebagai alat perhitungan dan visualisasi struktur. Sedangkan variabel dependen meliputi hasil desain struktur berupa kekuatan dan kestabilan struktur gedung yang memenuhi	terintegrasi melalui metode BIM Level 2, sehingga menghasilkan dimensi elemen struktur yang memenuhi standar SNI dan kekuatan struktural yang aman terhadap beban sendiri, beban hidup, serta beban gempa. Pengaplikasian BIM 5D melalui Revit memungkinkan otomatisasi quantity takeoff dan estimasi biaya struktural sebesar Rp. 7.922.000.000,00, yang mencakup pekerjaan persiapan, struktur bawah dan atas, lantai, atap, tangga, shearwall, serta pondasi.	desain dan Analisis Struktur bangunan Gedung Perkuliahan Universitas Islam Balitar dengan model 3D sampai 4D dan proses Quantity Take Off. Alasannya : karena penelitian ini memiliki kesamaan
-------------------------	--	---	---	--	--

		<p>dan quantity takeoff. Beban dan faktor keamanan diperhitungkan sesuai standar yang berlaku untuk memastikan kekuatan dan kestabilan struktur. Hasil analisis divalidasi secara manual dan otomatis untuk memastikan keakuratan dan</p>	<p>standar SNI, akurasi penulangan dan detail rebar sesuai perhitungan, serta efisiensi dalam proses perencanaan dan estimasi biaya proyek.</p>		<p>variabel yang di teliti dengan penelitian yang saya gunakan</p>	
--	--	---	---	--	--	--

			keandalan struktur gedung.				
2	Dani Setiawan, Aruni Bunga Saffarah, Riawan Gunadi, Heri Kasyanto	Perancangan Struktur Atas Gedung Menggunakan Bim Yang Terintegrasi Dengan Pelaksanaan	Building Information Modeling (BIM) Integrasi Revit v2023 dan RSAP v2023	penerapan perangkat lunak Building Information Modeling (BIM) yaitu Revit 2023, integrasi dengan Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2023, dalam	Model struktur yang dibuat menggunakan Revit 2023 dapat langsung diintegrasikan dengan Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2023 tanpa perlu pemodelan ulang, sehingga mempercepat dan mempermudah proses perancangan struktur juga diintegrasikan dengan Navisworks Manage 2023 untuk pembuatan simulasi pekerjaan dan kontrol progres	Pemodelan dan Analisis Struktur bangunan dengan model 3D sampai 4D dan proses Quantity Take Off. alasanya : karena penelitian ini memiliki	

				perancangan struktur atas gedung	konstruksi	kesama variabel denga penelitian saya.	
3	Aldiani Olifia Dewayanti	Analisis Clash Detection Struktur Atas Gedung Laboratorium Akn Putra Sang Fajar Blitar Berbasis Building Information Modelling (Bim)	Building Information Modeling (BIM software RSAP 2023 dan Autodesk Revit 2023 dan juga menggunakan software Navisworks	penerapan perangkat lunak Building Information Modeling (BIM) software RSAP 2023 dan Autodesk Revit 2023 dan juga menggunakan	penggunaan teknologi Building Information Modeling (BIM) dalam analisis struktur Gedung Laboratorium AKN Putra Sang Fajar Blitar berhasil mengidentifikasi 8612 bentrokan pada elemen struktur, terutama pada tulangan, serta menghasilkan volume yang lebih besar sebesar Rp. 229.996.019 dibandingkan perhitungan	Pemodelan desain dan Metode Analisis Struktural, Volume Pekerjaan, dan Estimasi Biaya (QTO) berbasis BIM, serta untuk menilai	

			2023.	software Navisworks 2023 dalam menganalisis Clash Detection Struktur Atas Gedung Laboratorium Akn Putra Sang Fajar Blitar.	manual dalam Quantity Take Off, dengan semua analisis memenuhi standar keamanan yang ditetapkan oleh SNI, sehingga menekankan efektivitas BIM dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi perencanaan proyek	efektivitas biaya dari penggunaan teknologi BIM.  Alasanya : karena penelitian ini hampir sama dengan metode dan variabel pada penelitian yang saya gunakan.	
--	--	--	-------	--	---	--	--

	<p>Andreas Wili Morgen, Veronika Happy Puspasari</p>	<p>Perancangan Kawasan Perumahan Menggunakan Metode Building Information Modelling</p>	<p>analisis data sekunder dari literatur dan penelitian terdahulu serta proses perancangan dan pemodelan kawasan perumahan tipe 36 dengan perangkat lunak Building Information Modelling (BIM), Revit dan RSAP sebagai alat</p>	<p>proses perancangan kawasan perumahan menggunakan metode BIM. Serta luas lahan dan batas lahan, elemen-elemen teknis yang digunakan dalam proses perancangan, seperti analisis tapak, kebutuhan ruang, dan tata</p>	<p>penerapan metode BIM dalam perancangan kawasan perumahan tipe 36 di Jalan G. Obos Masuk Buaya Putih berhasil menghasilkan model 3D yang lengkap dan terintegrasi untuk aspek arsitektur, struktur, dan sistem MEP, yang memudahkan visualisasi dan koordinasi antar disiplin. Proses perancangan menjadi lebih efisien dan akurat, karena BIM mempercepat pembuatan model 3D dan 2D secara simultan serta mengurangi pengulangan kerja. Dengan penggunaan BIM, proses</p>	<p>Pemodelan desain dan Metode Analisis Struktural, dengan metode berbasis building information modeling (BIM).  Alasannya : karena penelitian ini hampir sama dengan</p>	
--	--	--	---	---	--	---	--

		<p>pendukung untuk proses perancangan struktural. dengan tahapan utama berupa pembuatan perancangan arsitektur, struktur, dan sistem MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing), yang kemudian dipadukan dalam model</p>	<p>letak bangunan. Dan juga hasil dari perancangan dan pemodelan kawasan, termasuk model 3D arsitektur, struktur, dan sistem MEP yang dihasilkan, serta efisiensi proses desain dan koordinasi antar disiplin selama</p>	<p>desain dan modeling menjadi lebih transparan dan dapat diikuti secara sistematis, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan kawasan perumahan secara keseluruhan</p>	<p>metode dan variabel pada penelitian yang saya gunakan.</p>	
--	--	--	--	--	---	--

			3D.	pelaksanaan.			
5	Torang Arianto Siboro, Haikal Fajri, Firdasari	Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Perencanaan dan Analisis Struktur Gedung Asrama MAN 1 Langsa	pendekatan berbasis Building Information Modeling (BIM) dengan menggunakan tiga perangkat lunak utama	penerapan Building Information Modeling (BIM) yang meliputi penggunaan software AutoCAD,	penerapan BIM melalui penggunaan software Revit dan RSA memberikan perbedaan yang signifikan serta keunggulan dibandingkan metode konvensional. Perhitungan volume beton menggunakan BIM menunjukkan selisih sebesar	pemodelan, data dari AutoCAD diekspor ke Revit dalam bentuk 2D untuk pembangunan model 3D	

		<p>yaitu AutoCAD, Revit, dan Robot Structural Analysis (RSA). Tahapan pertama meliputi studi literatur untuk memperoleh dasar teori dan pemahaman mengenai BIM, Revit, RSA, serta metodologi pengukuran</p>	<p>Revit, dan Robot Structural Analysis (RSA) dalam proses perencanaan, pemodelan, dan analisis struktur, hasil perhitungan volume beton, Rencana Anggaran Biaya (RAB), jumlah pembesian, hasil analisis struktural</p>	<p>4% lebih besar dari perhitungan konvensional, dengan volume QTO sebesar 9,7 m<sup>3</sup> lebih tinggi dari estimasi manual. Untuk pekerjaan pembesian, hasil perhitungan di Revit lebih besar daripada konvensional sebesar 2% (531,84 kg), menunjukkan bahwa BIM mampu meningkatkan akurasi perhitungan kebutuhan bahan. Analisis struktural dengan RSA menghasilkan data beban yang sesuai standar SNI 2020, termasuk beban mati, beban tambahan, dan beban hidup, dengan nilai total beban dan kombinasi gaya seperti COM1</p>	<p>dan penghitungan volume serta RAB secara otomatis. Setelah itu, data model 3D dari Revit diekspor ke RSA untuk analisis struktur</p> <p>alasanya : karena metode yang digunakan dan variabel dalam</p>	
--	--	---	---	---	---	--

		<p>volume dan RAB, sekaligus melakukan survei lapangan dan pengumpulan data sekunder berupa gambar detail engineering design (DED) dan data AHSP.</p>	<p>seperti beban, kombinasi gaya, dan momen minimum dan maksimum, serta efisiensi waktu dan sumber daya yang dihasilkan dari penerapan BIM dibandingkan metode konvensional.</p>	<p>sebesar 3.244,31 KN dan COM2 sebesar 13.850,18 KN. Selain itu, hasil perhitungan momen juga menunjukkan nilai minimum sebesar -30,51 KN dan maksimum sebesar 19,91 KN, yang menggambarkan kestabilan struktur secara analisis. Secara keseluruhan, penggunaan BIM terbukti mampu meningkatkan efisiensi, akurasi perhitungan volume dan biaya, serta memberikan data analisis struktural yang valid dan cepat, sehingga mendukung proses perencanaan dan pengawasan proyek konstruksi secara lebih</p>	<p>penelitian ini hampir sama dengan metode dan variabel dalam penelitian yang saya gunakan.</p>	
--	--	---	--	---	--	--

					efektif.		
--	--	--	--	--	----------	--	--

*Sumber : jurnal penelitian terdahulu*

