

**EVALUASI KEKUATAN DAN KEKAKUAN BEKISTING  
DINDING GESER AKIBAT TEKANAN LATERAL BETON  
SEGAR PADA PROYEK PODOMORO CITY DELI MEDAN  
SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**DISUSUN OLEH :**

**EVA MARSELLA SIMAIBANG  
198110145**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/12/22

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EVALUASI KEKUATAN DAN KEKAKUAN BEKISTING DINDING  
GESER AKIBAT TEKANAN LATERAL BETON SEGAR PADA PROYEK  
PODOMORO CITY DELI MEDAN**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

**EVA MARSELLA SIMAIBANG**  
198110145

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Irwan, M.T.  
NIDN. 0004045901

Denny Meisandy Hutauruk, S.T., M.T.  
NIDN. 0113059001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dra Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom.  
NIDN. 0105058804



Hermansyah, S.T., M.T.  
NIDN. 0106088004

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 28 September 2022



Eva Marsella Simaibang  
198110145

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

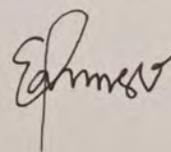
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eva Marsella Simaibang  
NPM : 198110145  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: "Evaluasi Kekuatan dan Kekakuan Bekisting Dinding Geser Akibat Tekanan Lateral Beton Segar Pada Proyek Podomoro City Deli Medan" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/ format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir/ skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 28 September 2022

Yang Menyatakan,

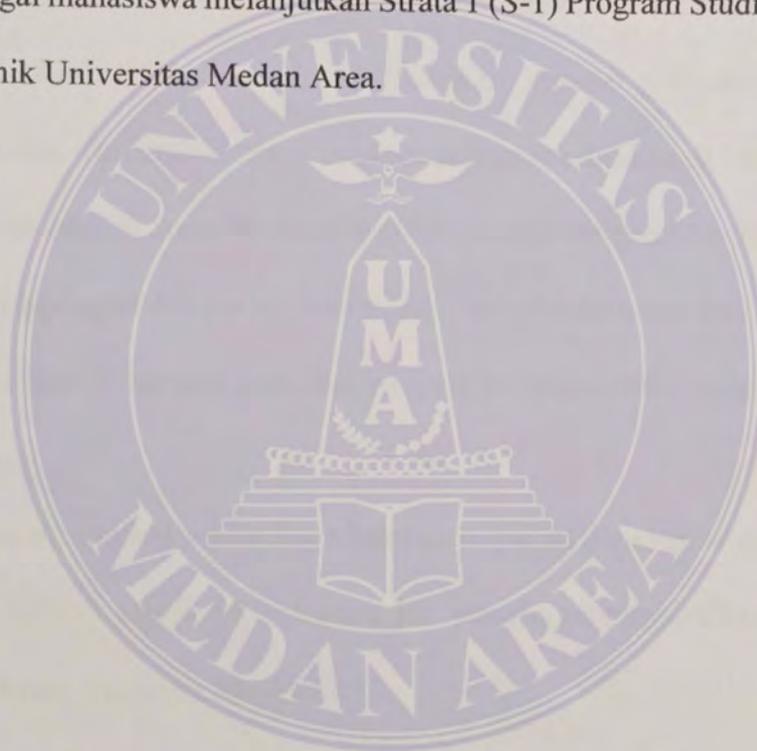


Eva Marsella Simaibang

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 15 Agustus 1995 dari Ayah Martua Simaibang dan Ibu Lentiamo Harianja. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Tahun 2016 Penulis lulus dari Politeknik Negeri Medan, Diploma III Politeknik, Program Studi Teknik Sipil (Konsentrasi Bangunan Gedung) dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai mahasiswa melanjutkan Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur pada hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Serta penulis mengucapkan syukur karena telah diberikan kesehatan, pengetahuan, pengalaman dan kesempatan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul **“Evaluasi Kekuatan Dan Kekakuan Bekisting Dinding Geser Akibat Tekanan Lateral Beton Segar Pada Proyek Podomoro City Deli Medan”**. Skripsi ini dapat dikatakan sebagai prasyarat yang harus diselesaikan setiap mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan di Fakultas Teknik dari Universitas Medan Area. Pada skripsi ini penulis menyajikan data yang telah diperoleh dari lapangan dan melakukan perhitungan berdasarkan teori yang selama ini telah diperoleh di bangku perkuliahan serta referensi buku yang diperoleh di perpustakaan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

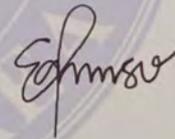
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.

4. Bapak Ir. H. Irwan, M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Denny Meisandi H, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
5. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga saya yang telah banyak memberi kasih sayang dan dukungan serta doa yang tiada henti untuk penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya jauh dari kesempurnaan maka untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membaca skripsi ini dan dapat menambah wawasan terutama di dunia pendidikan khususnya dalam bidang teknik sipil.

Medan, 28 September 2022



Eva Marsella Simaibang  
198110145

## ABSTRAK

Beton membutuhkan suatu bekisting untuk mendapatkan bentuk dan ukuran yang direncanakan. Perencanaan pembuatan bekisting beton harus memperhitungkan kekuatan dan kekakuan dari bekisting beton tersebut akibat gaya-gaya yang ditimbulkan dari penuangan beton segar ke dalam bekisting. Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengevaluasi kekuatan dan kekakuan bekisting dinding geser akibat tekanan lateral beton segar pada saat pekerjaan pengecoran berlangsung. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi (pengamatan) langsung di lapangan serta mencari data dari perusahaan yang melaksanakan proyek. Pemeriksaan kekuatan, kekakuan, dan tegangan geser pada bekisting dinding geser ditinjau dari perhitungan berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03. Hasil penelitian menunjukkan dari tinjauan syarat kekuatan dengan jarak tiang vertikal,  $l = 250 \text{ mm} < l_{izin} = 348,583 \text{ mm}$ , dengan jarak perangkai yaitu  $l_1 = 350 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 900 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 1100 \text{ mm} < l_{izin} = 1570,125 \text{ mm}$  dan jarak pen pusat  $l = 750 \text{ mm} < l_{izin} = 1241,293 \text{ mm}$ . Berdasarkan tinjauan syarat kekakuan dengan jarak tiang perangkai ( $l$ )  $= 250 \text{ mm} < l_{izin} = 275,879 \text{ mm}$ , dengan jarak perangkai yaitu  $l_1 = 350 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 900 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 1100 \text{ mm} < l_{izin} = 1644,372 \text{ mm}$  dan jarak pen pusat ( $l$ )  $= 750 \text{ mm} < l_{izin} = 1115,878 \text{ mm}$ . Berdasarkan perhitungan tegangan geser pada tiang vertikal  $\tau = 10,3 \text{ N/mm}^2 < \tau_{izin} = 21,20 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan pada tiang perangkai  $\tau = 12,264 \text{ N/mm}^2 < \tau_{izin} = 100 \text{ N/mm}^2$ . Dengan demikian syarat kekuatan, kekakuan, dan tegangan geser pada bekisting dinding geser terpenuhi.

**Kata Kunci :** Beton, Bekisting, Tekanan Lateral Beton.

## ABSTRACT

Concrete requires a formwork to obtain the planned shape and size. Planning for the manufacture of concrete formwork must take into account the strength and rigidity of the concrete formwork due to the forces arising from the pouring of fresh concrete into the formwork. The purpose of writing this thesis is to evaluate the strength and rigidity of the shear wall formwork due to the lateral pressure of fresh concrete at the time of the casting work. Data collection techniques are carried out by direct observation (observation) in the field and looking for data from companies that carry out projects. The examination of strength, stiffness, and shear stress on the shear wall formwork is reviewed from calculations based on SK-SNI T-15-1991-03. The results showed from the review of the strength requirements with a vertical pole distance,  $l = 250 \text{ mm} < l_{izin} = 348.583 \text{ mm}$ , with a separation distance of  $l_1 = 350 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 900 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 1100 \text{ mm} < l_{izin} = 1570.125 \text{ mm}$  and a center pen distance  $l = 750 \text{ mm} < l_{izin} = 1241.293 \text{ mm}$ . Based on the review of the stiffness terms with the distance of the assembled pole ( $l$ ) = =  $250 \text{ mm} < l_{izin} = 275.879 \text{ mm}$ , with the separation distance of the assembled  $l_1 = 350 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 900 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 1100 \text{ mm} < l_{izin} = 1644.372 \text{ mm}$  and the distance of the central pen ( $l$ ) =  $750 \text{ mm} < l_{izin} = 1115.878 \text{ mm}$ . Based on the calculation of shear stress on vertical poles  $\tau = 10.3 \text{ N/mm}^2 < \tau_{izin} = 21.20 \text{ N/mm}^2$ , while on the assembled poles  $\tau = 12.264 \text{ N/mm}^2 < \tau_{izin} = 100 \text{ N/mm}^2$ . Thus the conditions of shear strength, rigidity and stress on the shear wall formwork are met.

**Keywords :** Concrete, Formwork, Lateral Pressure of Concrete.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAK ..... iii

*ABSTRACT* ..... iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR TABEL ..... viii

DAFTAR GAMBAR..... ix

DAFTAR NOTASI..... x

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Tujuan Penelitian..... 2

1.3 Rumusan Masalah ..... 3

1.4 Batasan Masalah ..... 3

1.5 Manfaat Penelitian..... 4

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Bekisting .....	8
2.3 Tipe Bekisting .....	10
2.4 Material Penyusun Bekisting.....	13
2.5 Beton .....	22
2.6 Bahan-Bahan Penyusun Beton .....	28
2.7 Bagian-Bagian Bekisting.....	29
2.8 Beban Pengecoran .....	32
2.9 Pekerjaan Pembetonan/ Pengecoran Beton .....	34
2.10 Tekanan Lateral Beton Segar .....	35
2.11 Momen Inersia.....	38
2.12 Dasar-dasar Analisis Dalam Ilmu Mekanika Bahan.....	41
2.13 Perhitungan Bekisting .....	43

## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	47
3.2 Metode Penelitian.....	47
3.3 Sumber Data .....	48
3.4 Pengumpulan Data.....	48
3.5 Tahapan Penelitian .....	49

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil.....	51
4.2 Pembahasan .....	66

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 69

5.2 Saran ..... 70

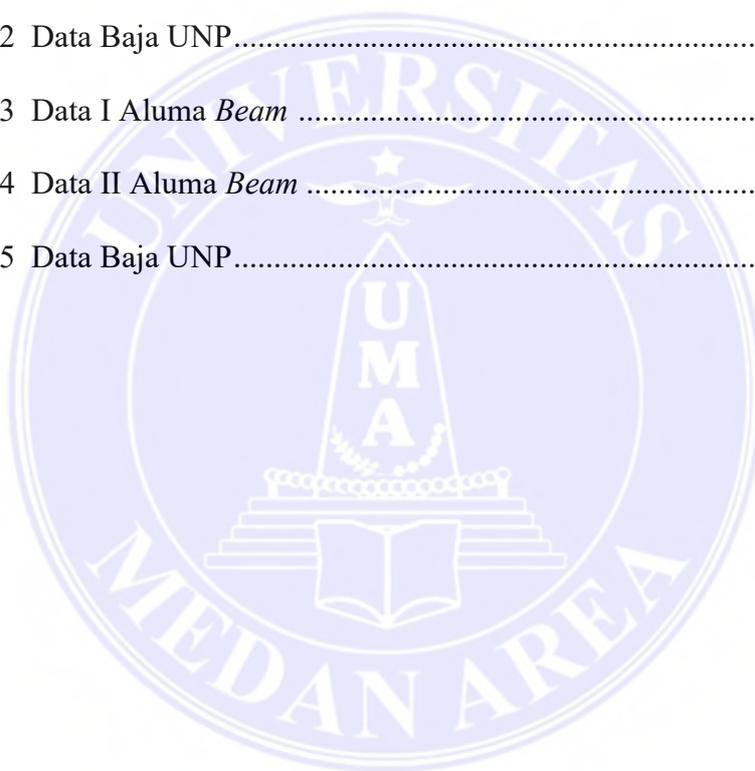
**DAFTAR PUSTAKA..... 71**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Mutu Baja Profil .....	15
Tabel 2.2 Nilai - Nilai Penting Pada Multiplek .....	18
Tabel 2.3 Hubungan antara kecepatan pengisian beton, tekanan maksimum dan temperatur pada pengecoran beton untuk dinding .....	38
Tabel 2.4 Data Aluma Beam .....	46
Tabel 4.2 Data Baja UNP .....	53
Tabel 4.3 Data I Aluma <i>Beam</i> .....	55
Tabel 4.4 Data II Aluma <i>Beam</i> .....	55
Tabel 4.5 Data Baja UNP .....	57



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bekisting konvensional .....	10
Gambar. 2.2 Bekisting semi sistem.....	11
Gambar 2.3 Bekisting Sistem.....	12
Gambar 2.4 Kayu Bekisting.....	14
Gambar 2.5 Multiplek/ <i>plywood</i> .....	18
Gambar 2.6 Bekisting <i>fiberglass</i> .....	20
Gambar 2.7 Bekisting dengan Menggunakan Karton.....	21
Gambar 2.8 Beton Keropos Karena Segregasi.....	24
Gambar 2.9 <i>Kicker Brace</i> .....	29
Gambar 2.10 <i>Plywood Film</i> .....	30
Gambar 2.11 <i>Aluma Beam</i> .....	30
Gambar 2.12 Penguat datar .....	31
Gambar 2.13 <i>Push Pull</i> .....	31
Gambar 2.14 <i>Tie Rod</i> .....	32
Gambar 2.15 Tekanan spesi beton terhadap bekisting dinding.....	33
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	47
Gambar 3.2 Bagan Alir .....	50
Gambar 4.1 Sket Bekisting .....	52
Gambar 4.2 Gambar <i>Aluma Beam</i> .....	54
Gambar 4.3 Penampang Bekisting.....	58
Gambar 4.4 Pemeriksaan Reaksi Perletakan.....	63

## DAFTAR NOTASI

$\sigma$	= Tegangan lentur.
$\tau$	= Tegangan geser ( $\text{N/mm}^2$ ).
A	= Luas penampang bahan ( $\text{mm}^2$ ).
b	= Lebar penampang (mm).
E	= Modulus elastisitas ( $\text{N/mm}^2$ ).
F	= Gaya tarik (N).
h	= Tinggi Penampang (mm).
I	= Momen kelembaman (inersia) penampang ( $\text{mm}^4$ ).
l	= satuan jarak (mm).
M	= Momen lentur yang terjadi akibat beban bekerja (Nmm).
P	= Tekanan maksimum ( $\text{KN/m}^2$ ).
R	= Beban yang diterima bahan (KN).
w	= Beban terbagi rata ( $\text{N/mm}$ ).
W	= Momen perlawanan dari penampang yang akan dihitung ( $\text{mm}^3$ ).
Z	= Modulus Penampang ( $\text{mm}^3$ ).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bekisting merupakan struktur yang bersifat sementara yang digunakan untuk mencetak beton sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan dan menahan beton selama beton dituang pada saat proses pengecoran. Beton membutuhkan suatu bekisting untuk mendapatkan bentuk dan ukuran yang direncanakan.

Pada awalnya, proses pengecoran beton dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan peralatan dan bahan yang sederhana dan mudah didapat. Hal ini antara lain dapat dilihat dari sistem cetakan beton (bekisting) yang dipakai, yaitu dengan menggunakan cetakan (bekisting) konvensional. Yang dimaksud dengan bekisting konvensional adalah suatu sistem bekisting yang bagian-bagian bekistingnya dibuat dan dipasang *in-situ* (dalam lokasi proyek).

Sejalan dengan semakin berkembangnya dunia konstruksi di Indonesia para pelaku konstruksi diuntut untuk mencari metode yang lebih baik termasuk dalam memilih jenis cetakan beton. Saat ini, proyek-proyek gedung yang berskala besar semakin populer dengan penggunaan bekisting prafabrikasi, yaitu suatu sistem bekisting yang bagian-bagian bekistingnya telah dibuat di tempat fabrikasi dalam jumlah yang banyak sehingga di lapangan hanya tinggal menggabungkan bagian-bagian tersebut.

Material bekisting bisa berupa kayu lapis/ multiplek, balok kayu, aluminium dan baja. Bekisting memiliki banyak komponen pendukung, namun pada kondisi di lapangan sering kali ditemukan adanya kegagalan bekisting akibat kurangnya

perhatian pada saat perencanaan dan pelaksanaan. Runtuhnya konstruksi bekisting dapat disebabkan oleh kurangnya stabilitas, beban lebih terhadap konstruksi bekisting, kurangnya keahlian, material sudah usang, tumbukan, hentakan dan getaran saat berlangsungnya pengecoran beton.

Runtuhnya bekisting dapat membuat pekerjaan konstruksi tertunda, kerugian materi bahkan hilangnya nyawa. Untuk menghindari terjadinya kegagalan bekisting akibat beban – beban yang bekerja dan faktor lainnya, maka sebuah konstruksi bekisting harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan stabilitas. Bekisting dikatakan kuat apabila saat menerima beban – beban yang bekerja, material bekisting tidak patah.

Kekuatan bekisting menjadi komponen utama dalam menghasilkan kualitas dimensi struktur yang sesuai dengan rencana. Bekisting dikatakan kaku, apabila saat menerima beban – beban yang bekerja material bekisting tidak berubah bentuk. Bekisting juga harus stabil, agar saat menerima beban bekisting tidak runtuh. Syarat ini harus dipenuhi mengingat bekisting adalah pekerjaan yang dilakukan berulang – ulang pada bangunan bertingkat serta memerlukan biaya yang besar untuk membuatnya.

Pemilihan sistem bekisting juga merupakan suatu keputusan yang penting pada proyek bangunan bertingkat karena dapat mempengaruhi keselamatan dan kualitas konstruksi.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi syarat kekuatan, kekakuan dan kontrol tegangan geser tiang pada bekisting dinding geser akibat tekanan lateral beton segar.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah apakah syarat kekuatan, kekakuan, dan kontrol tegangan geser tiang pada bekisting dinding geser akibat tekanan lateral beton segar terpenuhi.

## 1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas akan dibatasi, yaitu:

1. Data dinding geser yang dievaluasi adalah jenis SW1A-5 berukuran 450 × 3000 mm.
2. Perhitungan kekuatan bekisting dinding geser ditinjau berdasarkan syarat lentur sedangkan perhitungan kekakuan bekisting dinding geser ditinjau berdasarkan syarat lendutan serta juga menghitung kontrol tegangan geser pada tiang bekisting.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Pembahasan pada skripsi ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lain yang akan membahas masalah yang sama.

2. Untuk menambah pengetahuan dan pengalaman agar mampu melaksanakan kegiatan yang sama kelak dalam pekerjaan di lapangan (proyek).



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang dipakai dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

Berikut ini adalah penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis:

1. Hasriyasti Saptowati dengan judul penelitian “Analisis Bekisting Pada Pengecoran Dinding Bunker Gedung Iradiator Merah-Putih”. Metode penelitian yang dipakai adalah analisis perhitungan sesuai kondisi di lapangan. Hasil penelitian membuktikan kekuatan bekisting sangat menentukan untuk mendapatkan dimensi dan bentuk beton yang akurat sehingga nilai kekuatan beton K350 dengan densitas  $2,35 \text{ t/m}^3$  tercapai. <http://jurnal.batan.go.id/index.php/prima/article/download/5155/4471>
2. Hanipatun Ni'mah dengan judul penelitian “Analisis Biaya, Waktu dan Kekuatan Bekisting Perancah Kombinasi Kayu Galam dan Tie Rod Pada Jembatan *Box Culvert* Sungai Hanau CS Kabupaten Tanah Bumbu”. Metode penelitian yang dipakai adalah analisis manual dengan perhitungan sesuai peraturan. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan bekisting perancah yang digunakan aman. Biaya bekisting Rp 31.272.444,- dengan waktu pekerjaan yang cukup lama karena membuat langsung di lapangan dan pemasangan bekisting cukup diperhatikan biarpun hanya struktur sementara.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://eprints.uniskabjm.ac.id/9352/1/Artikel%2520HANIPATUN17640069.pdf&ved=2ahUKewjUkL\\_G46n4AhWGT2wGHR9WAKkQFnoECBwQAQ&usg=AOvVaw3Xg5FqveVXSW9JUB13hoPd](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://eprints.uniskabjm.ac.id/9352/1/Artikel%2520HANIPATUN17640069.pdf&ved=2ahUKewjUkL_G46n4AhWGT2wGHR9WAKkQFnoECBwQAQ&usg=AOvVaw3Xg5FqveVXSW9JUB13hoPd)

3. Agyanata Tua Munthe dan M. Ardiansyah Noegroho dengan judul penelitian “*Analysis of Strength, Stiffness and Stability The Formwork Construction in LRT Jabodebek Project*”. Metode penelitian yang dipakai adalah analisis dengan perhitungan sesuai peraturan. Hasil penelitian yang diperoleh dari analisis perhitungan kekuatan, kekakuan dan stabilitas menunjukkan bahwa konstruksi bekisting balok dalam kondisi aman.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://proceedings.worldconference.id/index.php/prd/article/download/206/99&ved=2ahUKewjY9NWIZub5AhUUS2wGHaucD4cQFnoECAUQAQ&usg=AOvVaw0qI0nIXIus\\_TiCt4RjVpmo](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://proceedings.worldconference.id/index.php/prd/article/download/206/99&ved=2ahUKewjY9NWIZub5AhUUS2wGHaucD4cQFnoECAUQAQ&usg=AOvVaw0qI0nIXIus_TiCt4RjVpmo)

4. Budhi Dharma dengan judul penelitian “*Formwork/ Bekisting Pada Bangunan Gedung Bertingkat*”. Metode penelitian yang dipakai adalah metode matematis dengan perhitungan sesuai peraturan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam pembangunan gedung bertingkat, akan lebih efisien apabila bekisting menggunakan bahan yang kuat.

[https://ejournal.undip.ac.id/index.php/gema\\_teknologi/article/view/368/233](https://ejournal.undip.ac.id/index.php/gema_teknologi/article/view/368/233).

Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu membahas tentang kekuatan bekisting dengan perhitungan manual sesuai peraturan. Sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada lokasi pekerjaan dan jenis bekisting.

## 2.2 Bekisting

Bekisting adalah cetakan sementara yang dipakai untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk berdasarkan acuan rencana kerja yang telah ditentukan (Iyan Nurdiana dan Abdul Kholiq, 2019). Bekisting atau *formwork* adalah suatu konstruksi pembantu yang bersifat sementara yang merupakan cetakan / mal ( beserta pelengkapny pada bagian samping dan bawah) dari suatu konstruksi beton yang dikehendaki. Karena bersifat sementara, bekisting akan dilepas atau dibongkar setelah beton mencapai kekuatan yang cukup.

Menurut Sagel, Kole dan Kusuma (2020) kualitas bekisting juga ikut menentukan bentuk dan rupa konstruksi beton. Oleh karena itu, bekisting harus dibuat dari bahan yang bermutu dan perlu direncanakan supaya konstruksi tidak mengalami kerusakan akibat lendutan dan lenturan yang timbul saat beton dituang.

Pemasangan bekisting harus serapat mungkin sehingga tidak bocor atau air yang terkandung di dalam mix beton tidak mengalir keluar, sehingga dimensi beton sesuai dengan yang diinginkan dan akurat. Selain itu material yang digunakan pada penggunaan bekisting harus bersifat kedap air supaya bekisting tidak menyerap air yang dikandung didalam beton (Hasriyasti, 2018). Hal ini memungkinkan pada saat bekisting dilepas sangat mudah dan tidak ada yang menempel di bekisting, sehingga permukaan beton akan mulus. Karena bekisting merupakan struktur non permanen jadi setelah beton mengeras, bekisting harus mudah dibongkar tanpa merusak beton yang telah keras dengan tidak mengurangi dimensi maupun bentuk beton.

Menurut (Wigbout, 1992), pada pokoknya sebuah konstruksi bekisting menjalani tiga fungsi, yaitu :

1. Bekisting menentukan bentuk dari konstruksi beton yang akan dibuat. Bentuk sederhana dari sebuah konstruksi beton menghendaki sebuah bekisting yang sederhana.
2. Bekisting harus dapat menyerap dengan aman beban yang ditimbulkan oleh spesi beton dan berbagai beban luar serta getaran. Dalam hal ini perubahan bentuk yang timbul dan geseran-geseran dapat diperkenankan asalkan tidak melampaui toleransi-toleransi tertentu.
3. Bekisting harus dapat dengan cara sederhana dipasang, dilepas dan dipindahkan.

Pekerjaan bekisting merupakan bagian pekerjaan yang sangat penting di dalam seluruh pelaksanaan pekerjaan beton, karena pekerjaan ini akan menentukan posisi, ukuran serta bentuk dari beton yang dicetak (Amien Sajekti, 2009).

Ada 3 tujuan penting yang harus dipertimbangkan dalam membangun dan merancang bekisting, yaitu:

1. Kualitas

Bekisting harus didesain dan dibuat dengan kekakuan (*stiffness*) dan keakurasian sehingga bentuk, ukuran, posisi, dan penyelesaian dari pengecoran dapat dilaksanakan sesuai dengan toleransi yang diinginkan.

2. Keselamatan

Bekisting harus didirikan dengan kekuatan yang cukup dan faktor keamanan yang memadai sehingga sanggup menahan atau menyangga seluruh beban hidup dan mati tanpa mengalami keruntuhan atau berbahaya bagi pekerja dan konstruksi beton.

### 3. Ekonomis

Bekisting harus dibuat secara efisien, meminimalisasi waktu dan biaya dalam proses pelaksanaan dan jadwal demi keuntungan kontraktor dan *owner* (pemilik).

Pada buku *Formwork For Concrete* menurut *American Concrete Institute* (ACI) menyebutkan untuk memenuhi fungsinya bekisting harus memenuhi persyaratan di antaranya:

1. Stabil (kokoh), artinya dapat menahan beban sehingga geseran dan goyangan yang terjadi tidak sampai membuat bentukan struktur berubah ataupun menggagalkan sistem bekisting itu sendiri (ambruk).
2. Kuat, artinya dapat memikul dan menahan beban-beban yang terjadi sebelum pengecoran, selama pengecoran dan setelah masa pengecoran
3. Kaku, artinya dapat menahan beban sehingga dimensi, keropos pada struktur beton dapat dicegah terutama pada bekisting kontak.

Dalam proses desain bekisting perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kualitas material bekisting yang digunakan harus mampu menghasilkan permukaan beton yang baik dan ketetapan dimensi.
2. Keamanan dari bekisting harus diperhitungkan akibat beban tidak menentu dari pembebanan beton.
3. Memperhatikan faktor ekonomis dari bekisting agar dapat mereduksi biaya.

### 2.3 Tipe Bekisting

Secara garis besar, tipe bekisting dibedakan menjadi:

### 2.3.1 Bekisting tradisional/ konvensional

Bekisting tradisional adalah bekisting yang setiap kali setelah dilepas dan dibongkar menjadi bagian-bagian dasar, dapat disusun kembali menjadi sebuah bentuk lain. Pada umumnya, bekisting kontak terdiri dari kayu papan atau material plat, sedangkan konstruksi penopang disusun dari kayu balok dan (pada lantai) dari stempel-stempel baja. Bekisting tradisional ini memungkinkan pemberian setiap bentuk yang diinginkan pada kerja beton.



Gambar 2.1 Bekisting konvensional.

Sumber : <https://www.ilmutekniksipil.com/bekisting/bekisting-konvensional>

### 2.3.2 Bekisting Semi Sistem

Bekisting semi sistem adalah bekisting yang bahan dasarnya disesuaikan dengan konstruksi beton sehingga pengulangannya bisa dilakukan lebih banyak jika konstruksi beton itu sendiri tidak terjadi perubahan ukuran, ataupun bentuk (Abdul Muis dan Trijeti, 2013).



Gambar. 2.2 Bekisting semi sistem

Sumber : <https://mahasiswasipilunila.wordpress.com/2015/02/26/sistem-pelaksanaan-bekisting-di-lapangan/>

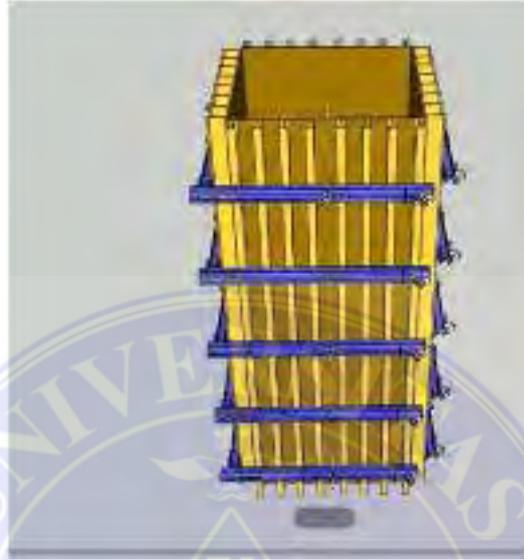
Pertimbangan penggunaan bekisting semi sistem adalah pada konstruksi yang cukup tinggi pengulangan penggunaan bekisting pada suatu pekerjaan. Cetakan sistem ini terbuat dari material kayu lapis atau plat, sedangkan perancah penopangnya terbuat dari baja yang dipabrikasi. Bekisting semi sistem merupakan perkembangan dari bekisting konvensional, peningkatan kualitas dari bekisting konvensional menjadi bekisting semi sistem terletak pada penggunaan ulang bekisting itu sendiri.

### 2.3.3 Bekisting Sistem

Bekisting sistem atau disebut juga bekisting *full system* adalah bekisting yang mengalami perkembangan lebih lanjut ke sebuah bekisting universal yang dengan segala kemungkinannya dapat digunakan pada berbagai macam bangunan (Abdul Muis dan Trijeti, 2013).

Penggunaan bekisting sistem bertujuan untuk penggunaan ulang pakai. Pelaksanaan bekisting sistem lebih cepat dibandingkan dengan bekisting konvensional dan semi sistem karena komponen-komponen bekisting sistem sudah ada ukurannya. Pembiayaan bekisting sistem pada awalnya dapat dikatakan

mahal, tetapi dengan adanya pelaksanaan yang relatif singkat dan penggunaan berulang kali, maka penambahan biaya tidak terlalu mengikat.



Gambar 2.3 Bekisting Sistem  
Sumber : <https://www.concrete-wallformwork.com/>

## 2.4 Material Penyusun Bekisting

Pada umumnya material yang digunakan pada pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut:

### 2.4.1 Kayu

Material kayu memiliki sifat-sifat menguntungkan dalam fungsinya sebagai bagian dari konstruksi yaitu harga yang relatif murah dan dapat diperoleh dengan mudah serta mudah dikerjakan dan alat-alat sambung yang sederhana, dapat dengan baik menerima tumbukan-tumbukan dan getaran-getaran serta penanganan yang kasar di tempat pendirian sebuah bangunan. Penggunaan kayu sebagai bahan bekisting harus memperhatikan berbagai macam persyaratan tegangan yang diizinkan.

Sebagai dasar perhitungan kekuatan kayu dalam analisa perencanaan bekisting ini yang ditinjau adalah tegangan-tegangan izin serta modulus elastisitas dari material kayu yang akan digunakan.



Gambar 2.4 Kayu Bekisting

Sumber : <https://indonesian.concrete-wallformwork.com/sale-12779410-h20-timber-beam-concrete-wall-formwork-with-high-rigidity-and-stability.html>

#### 2.4.2 Baja

Dalam teknik bekisting, material baja dipakai dalam berbagai bentuk dan kualitas. Pada bekisting semi konvensional dan bekisting sistem bahan baja profil dipakai sebagai bahan bekisting terutama sebagai *support* atau sabuk pada bekisting kolom dan dinding. Penggunaan material ini digunakan terutama pada pekerjaan dengan pemakaian secara berulang. Selain untuk menghasilkan hasil beton yang sesuai dengan yang direncanakan, maka diperlukan acuan mengenai kekuatan material dari bahan baa, sehingga syarat kekuatan dan kekakuan baja masih dalam batas-batas yang diizinkan.

Dibanding material lain yang biasa digunakan, Berikut hal-hal menguntungkan yang dapat diperoleh dari baja menurut Wigbout (1992) :

1. Kekuatan yang tinggi.
2. Kekerasannya yang tinggi dan tahan terhadap keausan.
3. Dapat diperoleh dalam berbagai bentuk, baja sangat sesuai bagi pembuatan sambungan-sambungan dan untuk digabung dengan material-material lain.
4. Tahan terhadap lingkungan dasar dari spesi beton, dengan suatu nilai PH antara 10-12.
5. Susunannya homogen dan isotrop.
6. Dapat digabung dengan logam campuran, untuk memperbaiki sifat-sifat material tertentu.
7. Apabila tidak lagi memenuhi tujuan yang diharapkan, baja memiliki suatu nilai sisa selaku besi tua.

Di bawah ini beberapa hal yang tidak menguntungkan dari baja (Wigbout, 1992):

1. Berat massa yang tinggi (sekitar  $7850 \text{ kg/m}^3$ ).
2. Pembentukan karat.
3. Hantaran termis yang besar.
4. Pada umumnya pembuatan dan penyusunannya harus dilaksanakan dalam sebuah tempat kerja yang khusus disiapkan untuk itu.

Sifat-sifat baja yang terpenting untuk penggunaan bekisting adalah:

1. Kekuatan tarik, batas lumer atau batas rentang, modulus kekenyalan dan kekokohan.
2. Kekerasan.
3. Ketahanan pada muatan yang berubah-ubah atau yang dinamis karena baja sangat sesuai untuk menyebarkan getaran, sebuah bekisting yang terbuat dari

baja sangat cocok untuk penggunaan dengan penggetar-penggetar bekisting. Namun demikian dapat terjadi, bahwa setelah lewat beberapa waktu sebuah bekisting baja menampakkan suatu ambrukan setempat karena tidak dapat bertahan lebih lama terhadap penggunaan penggetar bekisting yang dilakukan berulang kali. Pendimensian bekisting dan pemasangan penggetar hendaknya dilaksanakan dengan penuh perhitungan.

4. Memungkinkan untuk dilas dan ditarik.
5. Memungkinkan perubahan bentuk.

Sifat ini dari baja penting pada perubahan bentuk plat-plat cara dingin misal untuk dijadikan bentuk kotak.

Tegangan leleh dan tegangan dasar dari beberapa jenis baja dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Mutu Baja Profil

Jenis Baja	Tegangan Leleh $\sigma$		Tegangan dasar $\sigma_{ijin}$	
	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Bj 34	2100	210	1400	140
Bj 37	2400	240	1600	160
Bj 41	2500	250	1666	166,6
Bj 50	2900	290	1933	193,3
Bj 55	4100	410	2733,3	273,3

Sumber : SNI 03-1729-2002.

Penggunaan baja dalam teknik bekisting beraneka ragam mulai dari paku, baut mur maupun sistem bekisting lengkap. Baja juga dipakai dengan kombinasi material-material lain misalnya bekisting yang terdiri dari dinding multiplek ditopang oleh rusuk-rusuk baja dan dikelilingi oleh bingkai baja serta dengan berbagai kemungkinan penghubungan untuk panel-panel yang berdampingan dan penyangga-pennyangga.

Menurut (Wigbout, 1992), berikut batasan-batasan tegangan yang diperkenankan:

1. Tegangan tarik  $160 \text{ N/mm}^2$ .
2. Tegangan tekan  $160 \text{ N/mm}^2$ .
3. Tegangan lentur  $160 \text{ N/mm}^2$ .
4. Tegangan geser  $100 \text{ N/mm}^2$ .
5. Tegangan tumbukan  $320 \text{ N/mm}^2$ .

#### 2.4.3 Multiplek/ Kayu Lapis (*Plywood*)

*Plywood*/ multiplek adalah papan material yang tersusun dari beberapa lapis kayu melalui proses perekatan dan pemampatan tekanan tinggi . *Plywood* terdiri dari kombinasi lapisan serat kayu dan kulit kayu dengan lapisan permukaan luar lebih kuat daripada lapisan tengah yang berfungsi untuk mereduksi pemuaian dan tekanan tekuk.



Gambar 2.5 Multiplek/ *plywood*

Sumber: Data Lapangan

*Plywood*/ multiplek memiliki kualitas lebih baik dibanding jenis kayu olahan lainnya. Tekstur lapisan kayunya lebih rapat, sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik dan daya tahan terhadap air lebih kuat. Dalam penggunaannya sebagai material kontak, lapisan terluar dari triplek ini harus terbuat dari kualitas kayu yang lebih baik daripada lapisan yang ada di dalamnya dan yang paling utama adalah tahan lama serta tahan aus.

Multiplek mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Kuat terhadap cuaca dan daya tekuk.
2. Lebih homogen dibanding kayu.
3. Lebih tahan terhadap air.

Multiplek mempunyai beberapa kekurangan sebagai berikut:

1. Beberapa kualitas *plywood* tidak memiliki permukaan mulus dan halus, kadang ditemukan permukaan yang bergelombang.
2. Sifat keras dan untuk menggabungkan beberapa *plywood* perlu menggunakan paku tembak atau paku besi biasa.

## 3. Presisi ketebalan kurang bagus.

Nilai-nilai penting yang diperkenankan pada beberapa jenis multiplek untuk konstruksi bekisting dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Nilai- Nilai Penting Pada Multiplek

<b>Tebal multiplek</b>		$\sigma_{b//}$	$\sigma_{b\perp}$	$E_{//}$	$E_{\perp}$
<b>(mm)</b>		<b>(N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(N/mm<sup>2</sup>)</b>
Bruynzeel	12	9	7,5	6200	3500
	18	11,8	7	5900	3820
	21	9	6,5	5500	3700
Pine	13	4,8	4,8	5900	3600
Oregon	19	4,8	4,8	5400	4050
Kanada	22	4	5,6	5400	4050
Vuren/ Berken Finlandia	12	12	8,8	7230	4680

Sumber : Wigbout, 1992

d. *Fiberglass*

Bekisting dengan bahan *fiberglass* sesuai untuk beton pracetak atau untuk pelaksanaan beton arsitektural akan menghasilkan beton dengan permukaan halus. Umumnya ketebalan bahan yang digunakan antara 3 mm s.d 15 mm. Karena sifat material jenis ini, maka bentuk cetakan jenis ini mudah mengikuti bentuk yang diinginkan.



Gambar 2.6 Bekisting *fiberglass*

Sumber : <https://www.garudajaya.com/bekisting-fiberglass-untuk-proyek/>

Kelebihan bekisting berbahan *fiberglass* adalah tahan terhadap air. Sehingga bekisting ini cocok dipakai pada konstruksi di bawah tanah. Di sisi lain, bekisting *fiberglass* tidak mudah berkarat, ramah lingkungan, ringan, mudah dibersihkan serta mudah dibongkar pasang.

e. Aluminium

Pada hal-hal tertentu aluminium memiliki kelebihan dari baja, material aluminium lebih sesuai untuk bekisting. Di antara hal yang menguntungkan tersebut yaitu beratnya yang lebih ringan dan lebih sedikit pemeliharaan dibandingkan pada baja. Akan tetapi harganya yang lebih mahal membuat penggunaannya menjadi terbatas pada objek-objek yang harus diberi sebuah bekisting ringan dan pengulangannya dapat dimanfaatkan secara optimal (Wigbout, 1992).

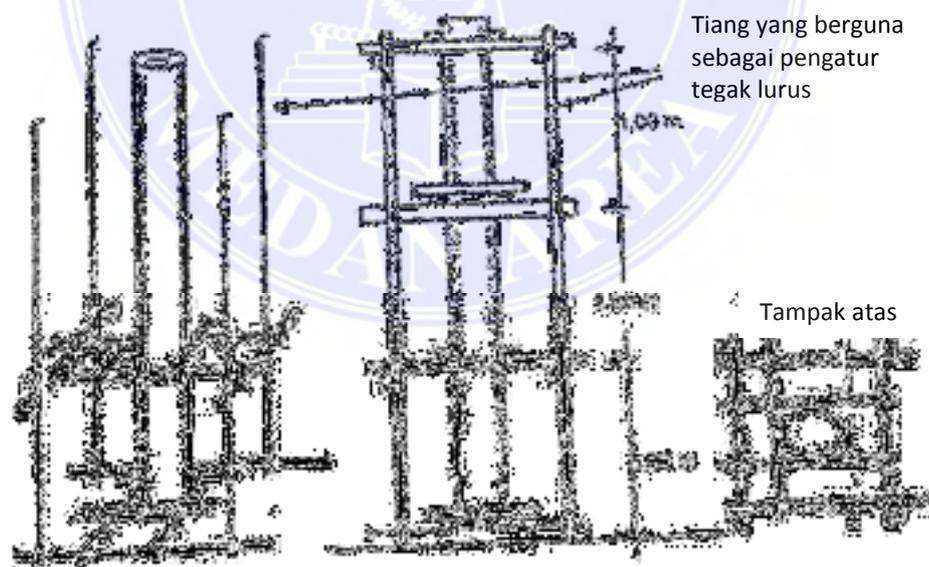
Aluminium yang sesuai untuk sebuah bekisting yaitu tipe Al-Mg-Si (campuran dengan magnesium dan kadar silium yang rendah). Tergantung dari kadar campurannya. Ketahanan aluminium cukup baik berkisar antara 250 – 400 N/mm<sup>2</sup>. Ketahanan terhadap korosi hampir sama seperti aluminium murni, dengan

kekerasannya menurut Binell 750 – 1200 N/mm<sup>2</sup> serta modulus kekenyalannya 70 -75 N/mm<sup>2</sup>. Untuk berat massanya ditetapkan 2700-2800 kg/m<sup>3</sup> (Wigbout, 1992).

#### 2.4.4 Material Karton

Karton yang berbentuk tabung telah banyak digunakan untuk menggulung kain dan kertas atau bahan tipis lainnya. Bahan dasar karton terbuat dari *krafliner board* yang seratnya mempunyai kekuatan tarik yang cukup kuat sehingga dicoba sebagai alternatif untuk bahan bekisting pada beton kolom bulat.

Bekisting jenis ini hanya dapat dimanfaatkan satu kali saja dan menghasilkan permukaan beton yang kasar. Saat ini ukuran yang diproduksi di Indonesia adalah dengan diameter 20 cm s.d 55 cm dengan panjang 10 meter dan ketebalan 3 mm s.d 5 mm. Untuk memanfaatkan cetakan ini diperlukan klem/ pengaku untuk tiap jarak 1 meter untuk mengatur kelurusan vertikal dan memperkuatnya.



Gambar 2.7 Bekisting dengan menggunakan karton  
Sumber: Salmani, 2019

#### 2.4.5 Material PVC

Bekisting beton menggunakan PVC khusus diaplikasikan pada kolom bulat. Biasanya digunakan pipa PVC tipis (untuk saluran air kotor yang tidak bertekanan) agar diperoleh harga yang murah. Dalam praktiknya pipa ini harus diperkuat dengan kayu dan ditopang di beberapa tempat. Bekisting jenis ini dapat dipakai berulang-ulang.

### 2.5 Beton

Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat.

#### 2.5.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton dalam keadaan keras akan sangat keras bagaikan batuan dengan kekuatan tinggi. Tetapi dalam keadaan segar beton seperti bubur sehingga mudah dibentuk sesuai keinginan. Beton juga sangat tahan terhadap serangan api juga sangat tahan terhadap serangan korosi. Sehingga secara umum kelebihan dan kekurangan beton dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya adalah sebagai berikut:

Kelebihan beton sebagai berikut:

1. Dapat dibentuk sesuai keinginan dan bisa dibuat dalam bentuk segala konstruksi.
2. Mempunyai kekuatan tekan yang tinggi.
3. Tahan terhadap serangan api dan tahan aus sehingga biaya pemeliharaan kecil.
4. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.

Kekurangan beton sebagai berikut :

1. Bentuk yang sudah dibuat susah untuk diubah.
2. Beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan atau tulangan kasa (meshes).
3. Pelaksanaan membutuhkan ketelitian, pengawasan serta etos kerja yang tinggi.
4. Biaya pembuatan besar.
5. Berat sendiri yang cukup besar.
6. Membutuhkan cetakan sebagai pembentuk.

#### 2.5.2 Sifat Beton Segar

Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada waktu keras, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Sifat beton segar yang baik sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan sehingga menghasilkan beton dengan kualitas baik. Kemudahan pengerjaan tersebut dikenal dengan sifat *workability*. Dimana *workability* merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkat, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. *Workability* beton dipengaruhi oleh kadar semen, tipe semen, bentuk butiran, kadar agregat halus, kadar air, dan bahan kimia tambahan yang digunakan.

Pengamatan *workability* beton di lapangan pada umumnya dilakukan dengan slump test. Dimana semakin tinggi nilai slump maka tingkat kemudahan pengerjaan beton semakin mudah.

Unsur – unsur yang mempengaruhi nilai *slump* adalah:

1. Jumlah Air Pencampur

Semakin banyak air maka campuran beton akan semakin mudah dikerjakan.

2. Jumlah Pasta Semen

Semakin banyak semen yang digunakan maka air yang dibutuhkan juga akan semakin banyak sehingga keplastisannya akan lebih.

3. Bentuk Butiran Agregat Kasar

Agregat yang berbentuk bulat akan lebih mudah dikerjakan daripada agregat yang berbentuk lonjong.

4. Cara Pemadatan

Pemadatan dengan menggunakan *vibrator* atau penggetar akan lebih mudah dibandingkan dengan menggunakan rojokan.

Disamping beton bersifat *workability*, beton juga memiliki efek akibat pengerjaan yang salah seperti:

1. *Bleeding*

*Bleeding* adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan akibat proses pemadatan atau *vibrator* yang terlalu lama. Air yang naik ini membawa semen dan butiran-butiran halus, banyak atau sedikitnya *bleeding* ini tergantung dari susunan butir, banyaknya air, dan kecepatan spesi mengeras. Akibat *bleeding* akan menghasilkan kualitas beton yang buruk.

## 2. Segregasi

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton. Di mana partikel yang lebih kasar cenderung memisahkan diri dari partikel yang lebih halus. Segregasi ini akan menyebabkan beton keropos. Segregasi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ketidaksempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Secara umum, segregasi disebabkan oleh penggunaan air pencampur yang terlalu banyak, gradasi agregat yang jelek, kurangnya jumlah semen dan juga pelaksanaan pengadukan dan pengecoran yang salah. Adukan beton yang baik adalah adukan yang terdiri dari masing-masing bagian penyusun beton yang menyatu dan homogen.



Gambar 2.8 Beton Keropos Karena Segregasi

Sumber: <https://www.ilmubeton.com/2018/02/segregasi-dan-bleeding-pada-beton.html>

### 2.5.3 Keleccakan Adukan Beton

Keleccakan (sifat plastis, *consistency*, yaitu sifat kekentalan beton segar antara cair dan padat), pada beton segar penting dipelajari karena merupakan ukuran

kemudahan beton segar (adukan beton) untuk diaduk dalam bejana pengaduk, diangkut dari tempat pengadukan ke lokasi penuangan, dituang dari bejana pengaduk ke cetakan beton dan dipadatkan setelah beton segar berada dalam cetakan. Secara umum, dapat dikatakan bahwa semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar tersebut dikerjakan.

Keleccakan beton segar dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai maka makin encer beton segar.
2. Jumlah pasta (semen dan air) dalam campuran adukan. Makin banyak pasta maka makin encer beton segar. Penambahan jumlah pasta tidak mengubah nilai faktor air semen (fas) dari campuran adukan beton segar.
3. Gradasi agregat (campuran agregat halus dan agregat kasar). Bila gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar mengikuti gradasi agregat campuran yang telah disarankan oleh standar (Perencanaan Campuran dan Pengendalian Mutu Beton, 1994) maka adukan beton akan mempunyai keleccakan yang baik sehingga relatif mudah untuk dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat (kerikil) tampak lebih encer sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir agregat yang bersudut (batu pecah/ split).
5. Besar butir agregat maksimum agregat. Pemakaian butir maksimum agregat yang lebih besar tampak “lebih encer” sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir maksimum yang lebih kecil.

#### 2.5.4 Pemadatan Beton

Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituang. Kebutuhan akan alat pemadat disesuaikan dengan kapasitas pengecoran dan tingkat kesulitan pengerjaan. Pemadatan dilakukan sebelum terjadinya *setting time* pada beton. Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton segar.

Pada pengerjaan beton dengan kapasitas kecil, alat pemadat dapat berupa kayu atau besi tulangan. Untuk pengecoran dengan kapasitas lebih besar dari 10 m<sup>3</sup>, alat pemadat mesin harus digunakan. Alat pemadat ini lebih dikenal dengan nama *vibrator* atau alat getar. Pemadatan dilakukan dengan penggetaran. Campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus. Alat getar ini dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Alat getar intern (*internal vibrator*), yaitu alat getar yang berupa tongkat dan digerakan dengan mesin. Untuk menggunakannya, tongkat dimasukkan ke dalam beton pada waktu tertentu, tanpa harus menyebabkan *bleeding*.
2. Alat getar cetakan (*external vibrator or form vibrator*), yaitu alat getar yang mengetarkan *form work* sehingga betonnya bergetar dan memadat.

Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya *bleeding*. Pemadatan harus dilakukan sesuai dengan syarat mutu. Hal ini yang dapat dilakukan adalah melihat manual pemadat yang digunakan sehingga pemadatan pada campuran beton dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

### 2.5.5 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

## 2.6 Bahan-Bahan Penyusun Beton

Bahan-bahan penyusun beton dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 2.6.1 Agregat

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/ beton serta memberikan kekuatan pada beton sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dihasilkan. Karena itu karakteristik agregat perlu dipelajari.

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan berdasarkan ukurannya terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus atau lolos ayakan  $\emptyset$  4,8 mm. Sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran yang tertinggal diatas ayakan  $\emptyset$  4,8 mm tetapi lolos ayakan  $\emptyset$  40 mm

### 2.6.2 Semen

Semen adalah bahan ikat hidrolis, di mana semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa.

Berikut jenis-jenis semen *Portland (Ordinary Portland Cement)* pada SNI 15-2049-2004 yang dikelompokkan berdasarkan penggunaannya:

1. Tipe I : Semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### 2.6.3 Air

Pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air maka diperlukan agar memeriksa apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang digunakan pada pembuatan beton ialah yang dapat diminum.

Pertama-tama harus diperhatikan kejernihan air tawar. Apabila ada beberapa kotoran yang terapung, maka air tidak boleh dipakai. Di samping pemeriksaan visual, harus juga diamati apakah air itu tidak mengandung bahan-bahan perusak. Contohnya fosfat, minyak, asam, alkali, bahan-bahan organis atau garam-garam. Penelitian semacam ini harus dilakukan di laboratorium kimia. Selain air dibutuhkan untuk reaksi pengikatan, dipakai pula sebagai perawatan-sesudah beton dituang. Suatu metode perawatan selanjutnya yaitu secara membasahi terus-menerus atau beton yang baru dituang direndam air.

Yang dimaksud di sini adalah air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

## 2.7 Bagian- Bagian Bekisting

Bekisting secara umum mempunyai bagian, sebagai berikut :

### 2.7.1 Kickers (sepatu dinding beton)

*Kickers* berfungsi untuk menjaga konsistensi keseluruhan dinding, menjaga konsistensi lebar dinding. *Kickers* membuat rapat sambungan sehingga air semen tidak keluar. *Kickers* juga digunakan untuk memulai bekisting pada level yang sama.



Gambar 2.9 Kicker Brace

Sumber: Data Lapangan

### 2.7.2 Pelapis cetakan

Pelapis cetakan berfungsi untuk menahan dan membentuk permukaan beton saat proses pengerasan. Pada umumnya memakai bahan kayu, *plywood*, pelat baja, aluminium, dll. Dalam pembahasan ini yang dipakai adalah *plywood phenol film* 18 mm.

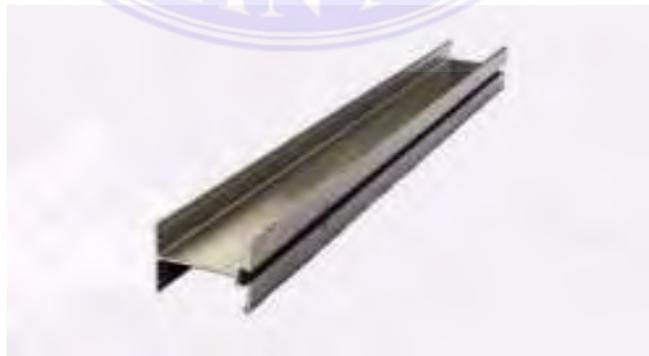


Gambar 2.10 *Plywood Film*

Sumber: <https://btptriplek.blogspot.com/2013/10/supplier-triplek-multiplek-surabaya.html>

### 2.7.3 Penguat Tegak

Penguat tegak atau rangka panel (*stud*) berfungsi sebagai perkuatan atau perangkai bagian pelapis. Penguat tegak yang dipakai yaitu alumina beam.

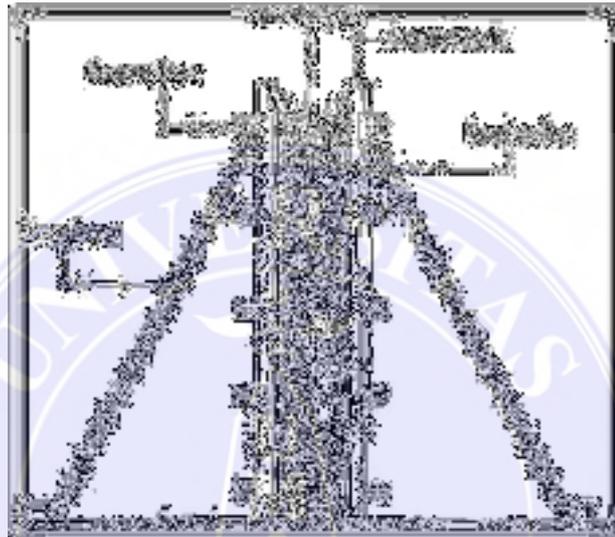


Gambar 2.11 *Aluma Beam*

Sumber: <https://nippon.com.ph/scaffoldings/aluma-beam-122/>

#### 2.7.4 Penguat Datar

Penguat datar berfungsi untuk menopang penguat tegak dan menjaga alinyemen dari cetakan. Adapun penguat datar yang digunakan dalam pembahasan ini adalah Profil Baja UNP.



Gambar 2.12 Penguat datar

Sumber: <https://www.situstekniksipil.com/2018/12/cetakan-dinding-beton.html>

#### 2.7.5 *Push Pull*

*Push Pull* berfungsi sebagai penyangga pada bekisting, serta berfungsi untuk mengatur agar bekisting tegak lurus.



Gambar 2.13 *Push Pull*

Sumber: Data Lapangan

### 2.7.6 *Tie Rod*

*Tie Rod* berfungsi menjaga ketebalan dinding beton sesuai dengan rencana.

Dalam pembahasan ini digunakan besi *tie rod*  $\varnothing$  16 mm.



Gambar 2.14 *Tie Rod*

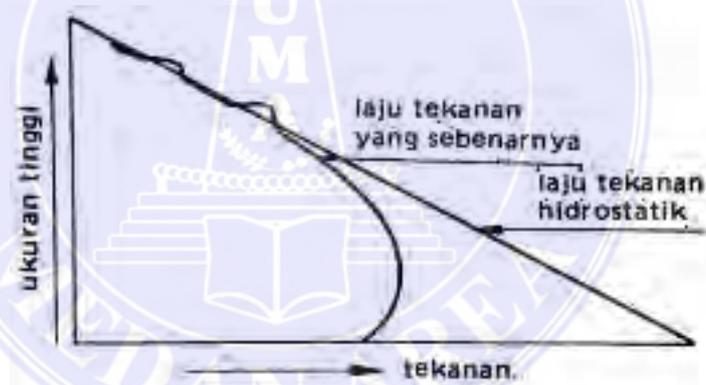
Sumber: Data Lapangan

*Tie rod* bekisting merupakan alat bantu berupa besi yang ditujukan untuk mengamankan bekisting pada kolom atau dinding bangunan. Selain itu, *tie rod* bekisting dapat menetralkan tekanan pada rangka beton sebelum mengeras. *Tie rod* bekisting merupakan material kecil namun memiliki peran besar, sehingga tidak

dapat diabaikan begitu saja keberadaannya. Dalam pemasangan *tie rod*, jaraknya akan sangat tergantung dari tinggi dinding yang dibuat. Secara umum, *tie rod* bekisting dijual dengan ukuran panjang mulai dari 1 m, 1.5 m, 2 m, dan 3 meter. Namun untuk kebutuhan proyek-proyek tertentu ukuran *tie rod* bekisting dapat dikustomisasi hingga mencapai panjang 6 meter.

## 2.8 Beban Pengecoran

Bekisting dinding dalam analisisnya menahan beban pengecoran atau beban beton segar. Di mana dalam melakukan perhitungan kekuatan bekisting, cara menghitung pembebanan bekisting dinding diambil metode perhitungan manual beban pengecoran.



Gambar 2.15 Tekanan spesi beton terhadap bekisting dinding.  
Sumber : Wigbout, 1992

Beban oleh spesi beton baru terhadap bekisting dinding atau bekisting kolom lebih banyak merupakan sebuah tekanan yang mengarah tekanan horizontal. Beton semi cair diisikan kedalam bekisting dan akan mengerahkan tekanan lateral terhadap bekistingnya, sebagaimana halnya dengan cairan manapun.

## 2.9 Pekerjaan Pembetonan/ Pengecoran Beton

Pada dasarnya beton merupakan bahan campuran dari semen, agregat dan air memakai perbandingan berat tertentu yang sudah diaduk dengan sempurna (Sajekti, 2009). Agregat harus mengikuti perbandingan berat dari masing-masing gradasi supaya diperoleh gradasi campuran agregat yang baik. Pada tujuan tertentu kadang campuran beton perlu ditambahkan admixtures, misalnya untuk meningkatkan *workability*, membuat cepat mengeras, menunda *setting time* dari beton, mempercepat *setting time* dari beton, menambah kuat tekan beton, tahan terhadap sulfat dan sebagainya.

Pada pembuatan beton diperlukan rencana campuran beton yaitu menentukan proporsi dari semen, agregat, air dan jika diperlukan *admixtures*, untuk mendapatkan sifat beton yang direncanakan. Agregat kasar dan halus merupakan 75 - 80% dari bagian beton. Agregat ini akan diikat menjadi satu dengan adanya proses kimia antara semen yang tercampur dengan air. Fungsi dari air adalah untuk menjadikan semen menjadi bahan pengikat antara agregat kasar dan agregat halus dan untuk menjadikan campuran beton menjadi cukup lunak membentuk beton sesuai yang direncanakan. Jika air terlalu banyak maka akan memudahkan pemadatan beton tetapi sebaliknya akan membuat beton menjadi tidak kokoh. Dengan kurangnya semen maka tidak cukup pasta semen untuk mengikat partikel-partikel dari agregat sehingga beton tidak kokoh.

Dapat disimpulkan bahwa beton harus dengan menggunakan air yang seminim mungkin agar mendapatkan beton yang kokoh, tetapi harus masih mudah dapat dikerjakan/*workable*. Kadang-kadang agregat juga mengandung air lebih di

permukaannya karena terkena hujan, maka air ini perlu diperhitungkan. Biasanya pada *batching plant* sudah ada alat pengukur kadar air dalam agregat.

## 2.10 Tekanan Lateral Beton Segar

Perencanaan pembuatan bekisting beton harus memperhitungkan kekuatan struktur dari bekisting beton tersebut akibat gaya yang timbul dari beton cair yang masuk kedalam bekisting tersebut. Beton cair yang diisikan ke dalam bekisting akan mengerahkan tekanan lateral terhadap bekistingnya. Sulit untuk menaksir berapa tepatnya tekanan yang dikerahkan pada bekisting oleh beton yang baru saja dituang akibat beberapa faktor. Faktor-faktor ini mencakup hal-hal berikut:

1. Kecepatan pengisian beton. Semakin cepat beton diisikan, akan semakin besar tekanan yang dikerahkan.
2. Temperatur beton. Tekanan cairan pada bekisting akan sangat beragam pada temperatur yang berbeda. Beton yang diisikan pada temperatur yang rendah akan mengeras pada tingkat yang lebih lambat daripada beton yang diisikan pada temperatur yang tinggi. Akibatnya, beton yang lebih dingin masih berada dalam keadaan semi cair untuk waktu yang lebih lama sehingga tekanan lateral yang ditimbulkan akan semakin besar.
3. Ukuran dan bentuk bekisting serta konsistensi dan perimbangan beton. Hal-hal ini mempengaruhi tekanan lateral hingga derajat tertentu, tetapi untuk bangunan biasa pengaruh ini dapat diabaikan.
4. Pemadatan beton. Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituang. Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton segar. Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan

menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

Pada saat beton mulai mengeras maka akan berubah dari cair menjadi padat dan tekanan pada bekisting akan berkurang. Waktu yang diperlukan beton menjadi keras bervariasi tergantung dari suhu yaitu semakin panas akan semakin cepat mengeras. Oleh sebab itu tekanan maksimum yang diberikan pada bekisting beton bergantung langsung dengan kecepatan pengisian pada bekisting tetapi kebalikannya dengan temperatur dari beton tersebut.

*The American Concrete Institute* membuat rumus untuk mendapatkan tekanan maksimum, dimana kecepatan pengecoran arah vertikal ( $V$ . cm/jam), tekanan maksimum pada dinding ( $P$ . kg/m<sup>2</sup>) dan temperatur dari adukan beton ( $T$ . °C) seperti pada rumusan dalam buku oleh *Peurifoy* dengan judul *Construction Planning, Equipment and Methods*. Tekanan maksimum untuk pengecoran beton pada dinding dengan rumus:

- a. Untuk pengecoran dinding dengan kecepatan pengisian beton kurang dari 213,3607 cm/jam (Sajekti, 2009) :

$$P = 732,3615 + (35,1623 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 5^{\circ}\text{C.}$$

$$P = 732,3615 + (28,8331 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 10^{\circ}\text{C.}$$

$$P = 732,3615 + (24,4348 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 15^{\circ}\text{C.}$$

$$P = 732,3615 + (21,2008 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 20^{\circ}\text{C.}$$

$$P = 732,3615 + (18,7228 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 25^{\circ}\text{C.}$$

$$P = 732,3615 + (16,7634 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 30^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 732,3615 + (15,1753 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 35^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 732,3615 + (13,8621 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 40^{\circ}\text{C}.$$

- b. Untuk pengecoran dinding dengan kecepatan pengisian beton lebih dari 213,3607 cm/jam (Sajekti, 2009) :

$$P = 5900,5667 + (10,9394 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 5^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 4970,2867 + (8,9703 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 10^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 4323,8400 + (7,6019 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 15^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 3848,4867 + (6,5958 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 20^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 3484,2633 + (5,8249 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 25^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 3196,2667 + (5,2153 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 30^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 2962,8467 + (4,7212 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 35^{\circ}\text{C}.$$

$$P = 2769,8267 + (4,3126 \times V) \text{ untuk temperatur beton } 40^{\circ}\text{C}.$$

Pada Tabel 2.3 dapat dilihat hubungan antara kecepatan pengecoran arah vertikal  $V$  (cm/jam), tekanan maksimum pada dinding  $P$  ( $\text{kg/m}^2$ ) dan temperatur adukan beton  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), untuk mendapatkan tekanan maksimum untuk pengecoran beton pada dinding.

Tabel 2.3 Hubungan antara kecepatan pengisian beton, tekanan maksimum dan temperatur pada pengecoran beton untuk dinding

Kecepatan pengisian beton ke arah vertikal cm/jam	Tekanan beton maksimum, kg/m <sup>2</sup>							
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
0	732,36	732,36	732,36	732,36	732,36	732,36	732,36	732,36
30	1787,23	1597,35	1465,41	1368,39	1294,05	1235,26	1187,62	1148,22
60	2842,10	2462,35	2198,45	2004,41	1855,73	1738,17	1642,88	1564,09
90	3896,97	3327,34	2931,49	2640,43	2417,41	2241,07	2098,14	1979,95
120	4951,84	4192,33	3664,54	3276,46	2979,10	2743,97	2553,40	2395,81
150	6006,71	5057,33	4397,58	3912,48	3540,78	3246,87	3008,66	2811,68
180	7061,58	5922,32	5130,63	4548,51	4102,47	3749,77	3463,92	3227,54
210	8116,44	6787,31	5863,67	5184,53	4664,15	4252,68	3919,17	3643,40
240	8526,02	7123,16	6148,30	5431,48	4882,24	4447,94	4095,93	3804,85
270	8854,20	7392,27	6376,35	5629,35	5056,99	4604,40	4237,57	3934,23
300	9182,39	7661,38	6604,41	5827,23	5231,73	4760,86	4379,21	4063,61
360	9838,75	8199,59	7060,52	6222,97	5581,23	5073,77	4662,48	4322,36
450	10823,30	9006,92	7744,70	6816,60	6105,47	5543,15	5087,39	4710,50
600	12464,21	10352,47	8884,98	7805,97	6979,20	6325,45	5795,57	5357,39

Sumber : Sajekti (2009)

## 2.11 Momen Inersia

Pada Hukum Newton I mengutarakan bahwa semua benda senantiasa akan tetap ditempat atau bergerak beraturan kecuali ada gaya luar yang mengubahnya. Akibat adanya gaya luar yang mengubah dari kondisi biasanya akan terdapat

resistensi yang disebut gaya inersia. Pada suatu benda terkandung didalamnya suatu gaya inersia, karena gaya inersia yang merupakan fungsi dari besarnya massa. Suatu massa yang bergerak kekanan misalnya pada massa yang bersangkutan akan terkandung gaya inersia yang arahnya ke kiri. Pada benda atau potongan yang mengalami rotasi/ perubahan bentuk maka akan mendapatkan resistensi berupa momen inersia rotasi atau momen inersia yang arahnya berlawanan dengan arah rotasi.

Dengan demikian gaya inersia yang dikenal dalam ilmu dinamika adalah gaya yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan. Berikut rumus untuk mendapatkan momen inersia:

Momen inersia terhadap sumbu-x,  $I_x$  adalah:

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

Momen inersia terhadap sumbu-y,  $I_y$  adalah:

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

Keterangan:

$I$  = Momen kelembaman (inersia) penampang.

$b$  = Lebar penampang (mm).

$h$  = Tinggi Penampang (mm).

## 2.12 Dasar-dasar Analisis Dalam Ilmu Mekanika Bahan

Mekanika bahan merupakan ilmu yang mempelajari karakteristik elemen struktur berkaitan dengan kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*) dan stabilitas (*stability*) akibat adanya beban yang bekerja pada sistem struktur. Suatu sistem

struktur pasti dirancang untuk memenuhi fungsi tertentu dan menanggung pengaruh luar yang mungkin terjadi.

Beban maupun pengaruh luar yang bekerja pada suatu sistem struktur akan menimbulkan tanggap (*response*) dari sistem struktur itu sendiri. Struktur yang pada awalnya menempati kedudukan awal (*initial configuration*) yang seimbang dengan beban nihil, akan berpindah untuk mencapai kedudukan akhir yang berimbang dengan beban yang bekerja. Perpindahan (*displacement*) pada setiap titik bermateri dalam sistem struktur terjadi secara tidak seragam sehingga menimbulkan deformasi. Hal inilah yang menimbulkan gaya dalam pada setiap elemen struktur, sebagai reaksi akibat bekerjanya beban luar untuk diteruskan ke bagian tumpuan.

Ilmu mekanika bahan ini berguna dalam membantu para ahli di bidang teknik sipil untuk melakukan perancangan struktur secara optimal yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Setiap elemen harus mampu menahan gaya luar (*external force*) yang bekerja dalam sistem struktur.
- b. Deformasi yang terjadi akibat bekerjanya beban pada semua elemen struktur tidak boleh terjadi secara berlebihan meskipun kekuatan material yang digunakan masih mencukupi. Hal ini disebabkan karena deformasi yang terlalu besar akan menyebabkan tidak optimalnya fungsi sistem struktur dan timbulnya rasa tidak aman dan nyaman bagi penggunanya.
- c. Pada saat beban bekerja, semua elemen struktur harus tetap dalam kondisi seimbang. Stabilitas struktur yang tidak memadai dapat menimbulkan deformasi tidak diperkirakan sebelumnya, misalnya suatu kolom langsing

menanggung beban aksial maka akan timbulnya kemungkinan kegagalan akibat fenomena tekuk (*buckling*).

### 2.12.1 Kekuatan Bahan

Suatu sistem struktur yang menanggung beban luar (*external forces*) akan menyebabkan timbulnya gaya dalam (*internal forces*) pada elemen-elemen penyusun struktur tersebut, gaya dalam berfungsi untuk menahan beban yang bekerja sesuai dengan hukum keseimbangan (*equilibrium*). Apabila gaya dalam bertambah maka akan menyebabkan bertambahnya tahanan dalam material yang digunakan sampai mencapai suatu nilai maksimum, jika penambahan beban masih terus dilanjutkan maka akan terjadi kegagalan pada elemen struktur tersebut. Batas maksimum kemampuan elemen struktur dalam memberikan tahanan guna melawan beban luar yang bekerja disebut sebagai kekuatan, selanjutnya kekuatan struktur sangat dipengaruhi oleh material yang digunakan, jenis pembebanan, sistem struktur, temperatur, jangka waktu pembebanan dan lain sebagainya.

Kriteria kekuatan juga berhubungan dengan material, hal ini tergantung pada besarnya gaya tarik-menarik dan tolak-menolak antar atom-atom penyusun material yang digunakan pada elemen struktur sebagai hasil dari perubahan jarak antar atom (*interatomic spacing*) akibat bekerjanya gaya luar. Analisis kekuatan bahan perlu mempertimbangkan intensitas gaya dalam yang bekerja untuk menahan seluruh beban luar yang bekerja pada elemen struktur. Intensitas gaya dalam yang bekerja pada setiap titik material disebut sebagai tegangan, sedangkan tegangan maksimum yang terukur pada saat terjadinya kegagalan disebut sebagai kekuatan bahan.

### 2.12.2 Tegangan Lentur

Tegangan lentur adalah tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada suatu konstruksi di suatu penampang. Pembebanan yang bekerja pada balok menyebabkan balok melentur, sehingga sumbunya terdeformasi membentuk lengkungan yang disebut kurva defleksi (lendutan) balok. Defleksi suatu balok di sembarang titik di sepanjang sumbu balok merupakan peralihan titik tersebut dari posisi semula, diukur dalam arah  $y$ .

### 2.12.3 Asumsi-Asumsi Yang Digunakan

Beberapa anggapan dasar yang sering digunakan dalam berbagai penyelesaian analisis matematis berkaitan dengan mekanika bahan adalah sebagai berikut:

1. Kontinuitas (*continuity*). Semua titik bermateri yang ada dalam elemen struktur dianggap selalu berhubungan secara kontinu. Pada kenyataannya tidak ada material kontinu sempurna, karena setiap bahan tersusun dari atom yang juga berongga. Tetapi karena elemen struktur yang diperhitungkan berukuran jauh lebih besar dari jarak susunan atom, maka asumsi ini dapat digunakan.
2. Homogen (*homogeneity*). Anggapan ini berarti semua titik bermateri yang ada dalam elemen struktur diasumsikan memiliki sifat (*properties*) yang sama.
3. Isotropis (*isotropy*). Semua titik bermateri dalam elemen struktur dianggap memiliki sifat (*properties*) yang sama dalam segala arahnya.

4. Tidak ada tegangan awal (*stress-free material*). Hal ini berarti dalam material yang digunakan sebagai elemen struktur bebas dari segala tegangan sisa (*residual stress*) yang mungkin timbul pada proses fabrikasi.
5. Memenuhi prinsip Saint Venant yang menyatakan distribusi tegangan yang terdapat pada potongan tampang melintang (*cross-section*) dianggap seragam, kecuali pada bagian ujungnya.

### 2.13 Perhitungan Bekisting

Bekisting yang baik mempunyai kekuatan setara dengan beban yang akan ditopang. Kekuatan yang dimaksud dapat menjaga tingkat kestabilan baik selama proses pengecoran maupun setelah selesai pengecoran atau selama proses pengerasan beton. Sehingga pembangunan konstruksi bisa berjalan sesuai dengan rencana.

Pemasangan bekisting harus serapat mungkin sehingga tidak bocor atau air yang terkandung di dalam mix beton tidak mengalir keluar sehingga dimensi beton sesuai dengan yang direncanakan dan akurat. Material yang digunakan pada penggunaan bekisting harus bersifat kedap air supaya bekisting tidak menyerap air yang dikandung didalam beton. Karena bekisting merupakan struktur non permanen jadi setelah beton mengeras, bekisting harus mudah dibongkar tanpa merusak beton yang telah keras dengan tidak mengurangi dimensi maupun bentuk beton.

### 2.13.1 Perhitungan Kekakuan

Dengan perhitungan kekakuan, lendutan ( $f$ ) dari suatu peletakan dapat ditentukan. Lendutan dari suatu peletakan di atas dua tumpuan yang dibebani beban terbagi rata  $w$  (R. Sagel, dkk., 2020).

$$f = \frac{5 w l^4}{384 E I}$$

Untuk peletakan di atas tiga tumpuan atau lebih, berlaku :

$$f = \frac{2,5 w l^4}{384 E I}$$

Keterangan:

$E$  = Modulus elastisitas.

$I$  = Momen kelembaman (inersia) penampang yang akan dihitung.

Momen kelembaman penampang empat persegi panjang adalah :

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

Keterangan:

$I$  = Momen kelembaman (inersia) penampang.

$b$  = Lebar penampang (mm).

$h$  = Tinggi Penampang (mm).

Lendutan yang telah dihitung perlu diperiksa menurut lendutan maksimal yang disyaratkan. Syarat lendutan maksimal ini untuk setiap konstruksi dapat berbeda-beda. Nilai  $f_{maks}$  yang disarankan :

1. Untuk bekisting lantai kerja (kasar)  $\frac{1}{300} l$ .
2. Untuk lantai kerja (halus)  $\frac{1}{500} l$ .
3. Untuk konstruksi biasa berlaku  $\frac{1}{400} l$ .

### 2.13.2 Perhitungan Kekuatan

Menurut R. Sagel, dkk., (2020) rumus dari mekanika yaitu:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$M \leq \sigma \times W$$

$$\frac{1}{10} \times w \times l^2 \leq \sigma \times W$$

Keterangan:

M = Momen lentur yang terjadi akibat beban bekerja (Nmm)

$\sigma$  = Tegangan lentur

w = Beban terbagi rata

W = Momen perlawanan dari penampang yang akan dihitung.

Momen perlawanan suatu penampang empat persegi panjang adalah:

$$W_{\text{multiplek}} = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

Keterangan:

b = Lebar penampang.

h = Tinggi Penampang.

### 2.13.3 Pemeriksaan Reaksi Peletakan

Setelah menghitung kekuatan serta kekakuannya, jarak sumbu ke sumbu peletakan yang diizinkan dapat diketahui dan reaksi peletakan dapat dihitung. Reaksi peletakan ini akan dibandingkan dengan tekanan maksimal yang diizinkan di peletakan. Reaksi maksimal di peletakan  $R_{\text{maks}}$  sama dengan tegangan tekan yang diizinkan  $\sigma$  kali luas penampang peletakan A, jadi:

$$R_{\text{maks}} = \sigma \times A$$

Bila  $R_{maks}$  lebih kecil daripada reaksi peletakan yang terjadi di sini maka jarak sumbu ke sumbu peletakan harus disesuaikan.

#### 2.13.4 Pemeriksaan Tegangan Geser

Menurut (Wigbout, 1992), tegangan geser dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\tau = \frac{R}{A} \quad (\text{untuk titik tumpu yang terletak di tengah}).$$

$$\tau = 1,5 \times \frac{R}{A} \quad (\text{ untuk titik tumpu yang terletak di ujung}).$$

Keterangan:

R = Beban yang diterima bahan.

A = Luas penampang bahan.

Pada penulisan skripsi ini dilakukan perhitungan untuk kontrol terhadap tegangan geser pada tiang-tiang bekisting dinding geser. Nilai tegangan geser untuk tiang bekisting alumina *beam* dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Data Alumina *Beam*

	Imperial	Metric
<i>Allowable Bending Moment</i>	44,69 kip-in	5,05 KNm
<i>Allowable Interior Reaction</i>	7,09 kips	31,55 KN
<i>Allowable Shear</i>	4,77 kips	21,20 KN
<i>Allowable End Reaction</i>	3,55 kips	15,78 KN

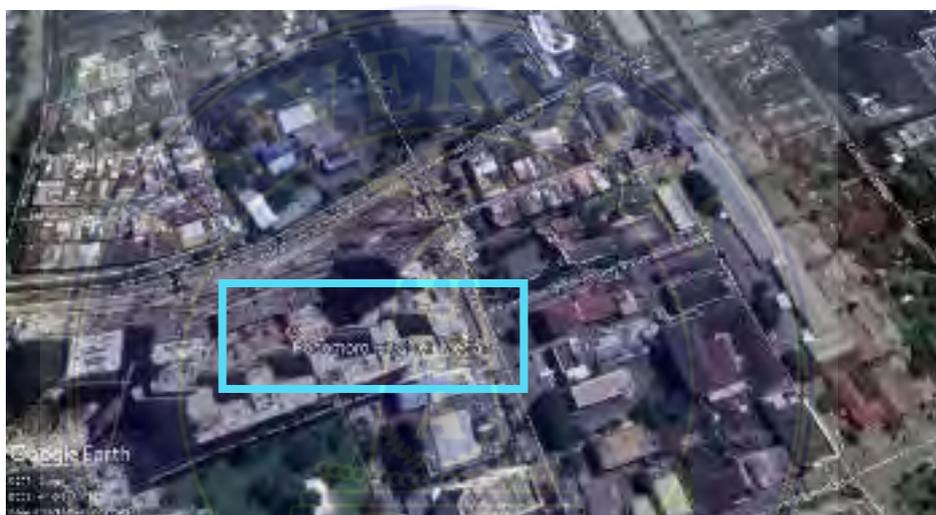
Sumber : Data Lapangan

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Podomoro City Deli Medan yang beralamat di Jalan Putri Hijau/ Guru Patimpus No. 1 Blok OPQ, Kel. Kesawan, Kec. Medan Barat, Medan-Sumatera Utara, 20111.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

#### 3.2 Metode Penelitian

Penulisan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, di mana cara (metode) pengumpulan data, analisa data dan interpretasi hasil perhitungan untuk mengambil kesimpulan. Sehingga data yang dipakai adalah data kuantitatif yang berbentuk angka. Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan ketika mendapat desain gambar dari perencana dan data perhitungan dilakukan dengan perhitungan matematis sesuai dengan peraturan yang berlaku. Analisis yang baik memerlukan data dan informasi yang lengkap dan akurat disertai dengan teori yang relevan.

### 3.3 Sumber Data

Sumber data merupakan segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai data yang akan diolah atau diproses. Berdasarkan sumbernya, data dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung dari lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan memerlukannya. Data primer diperoleh dari sumber informan seperti hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang sudah ada. Data ini dipakai untuk mendukung informasi primer yang sudah diperoleh. Data sekunder diperoleh dari bahan pustaka, literatur, buku dan penelitian terdahulu.

Data yang dikumpulkan akan diolah sesuai dengan keperluan analisis data yang terdapat pada SNI (Standar Nasional Indonesia) sebagai pembanding, antara lain :

1. Pengolahan data berkaitan rumus yang digunakan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.
2. Data perhitungan yang diambil dapat dilihat pada SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-1729-2002.

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Dalam pengumpulan data peran instansi sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian. Sementara itu instrumen pengumpulan data merupakan alat yang dipakai untuk mengumpulkan data. Instrumen pengumpulan data dapat berupa kamera untuk foto atau untuk merekam gambar. Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang dipakai adalah:

1. Observasi

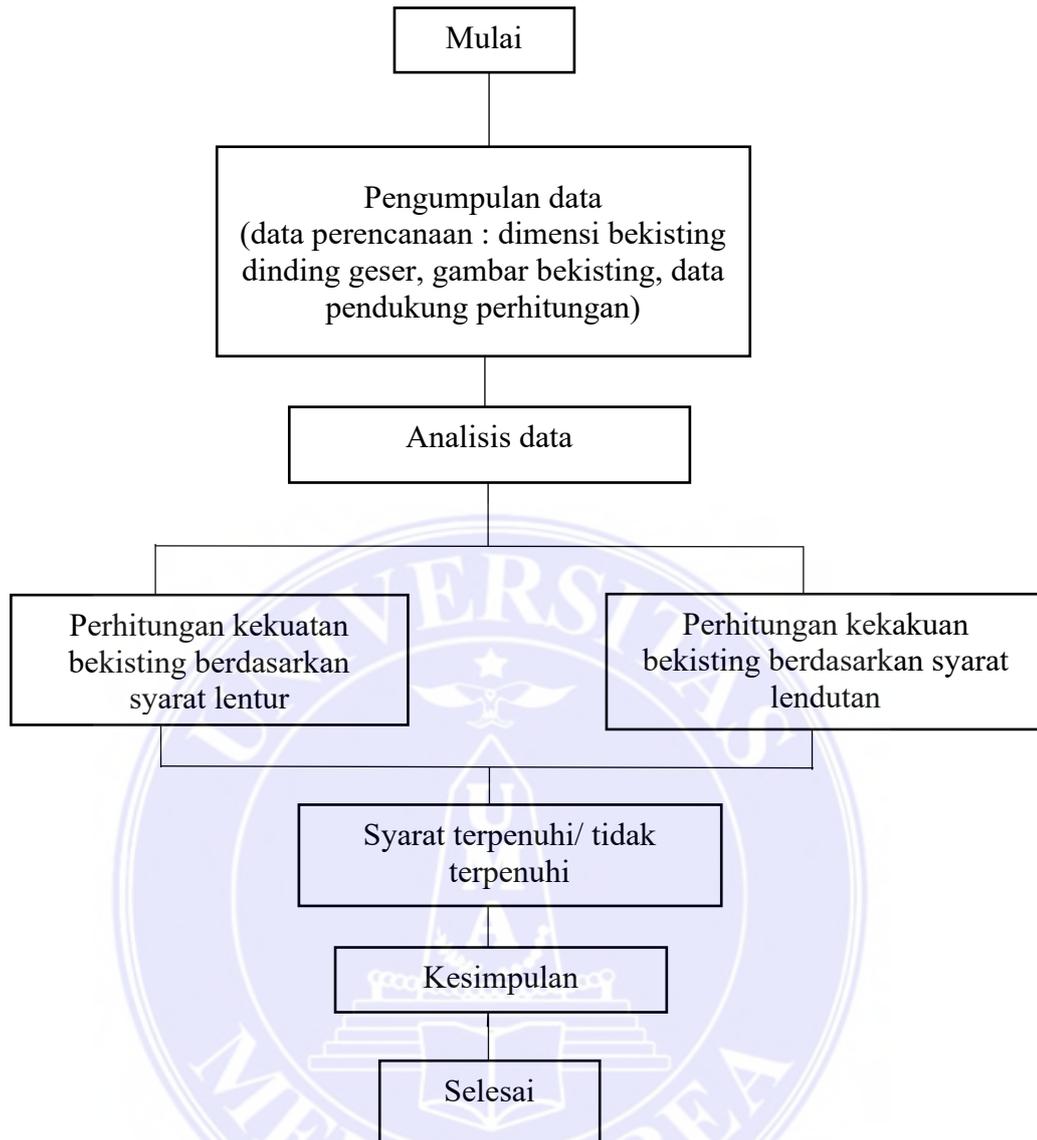
Metode pengumpulan data juga dapat dilaksanakan dengan cara observasi. Observasi merupakan metode pengumpulan data yang kompleks yang di dalamnya melibatkan berbagai faktor dalam pelaksanaannya.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan salah satu cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Studi literatur dapat diperoleh dari berbagai sumber yaitu jurnal, buku dan internet.

### 3.5 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian di bawah ini:



Gambar 3.2 Bagan Alir

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dari data bekisting dinding geser yang telah dilakukan pada penulisan skripsi ini, maka dapat diambil kesimpulan dari hasil tinjauan syarat kekuatan bekisting dinding geser menunjukkan bahwa dari tinjauan jarak tiang-tiang vertikal diperoleh jarak tiang ( $l$ ) = 250 mm lebih kecil dari jarak tiang ( $l_{izin}$ )  $\leq$  348,583 mm. Dari tinjauan jarak tiang perangkai diperoleh jarak tiang perangkai  $l_1 = 1100$  mm,  $l_2 = 900$  mm,  $l_3 = 350$  mm lebih kecil dari jarak yang diperbolehkan ( $l_{izin}$ ) = 1570,125 mm. Berdasarkan tinjauan jarak pen pusat diperoleh jarak ( $l$ ) sebesar 750 mm lebih kecil dari jarak yang diperbolehkan ( $l_{izin}$ ) = 1241,293 mm. Dengan demikian syarat kekuatan bekisting dinding geser terpenuhi. Hasil tinjauan syarat kekakuan bekisting dinding geser menunjukkan bahwa dari tinjauan jarak tiang-tiang vertikal diperoleh jarak ( $l$ ) = 250 mm lebih kecil dari jarak tiang ( $l_{izin}$ )  $\leq$  275,879 mm. Dari tinjauan jarak tiang perangkai diperoleh jarak  $l_1 = 1100$  mm,  $l_2 = 900$  mm,  $l_3 = 350$  mm lebih kecil dari jarak ( $l_{izin}$ ) = 1644,372 mm. Berdasarkan tinjauan jarak pen pusat diperoleh jarak ( $l$ ) sebesar 750 mm lebih kecil dari jarak ( $l_{izin}$ )  $\leq$  1115,878 mm. Dengan demikian syarat kekakuan bekisting dinding geser terpenuhi. Hasil kontrol perhitungan tegangan geser pada tiang vertikal bekisting dinding geser adalah sebesar 10,3 N/mm<sup>2</sup> lebih kecil dari tegangan geser izin ( $\tau_{izin}$ ) sebesar 21,20 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan tegangan geser pada tiang perangkai sebesar 12,264 N/mm<sup>2</sup> lebih kecil dari tegangan geser izin ( $\tau_{izin}$ ) sebesar 100 N/mm<sup>2</sup>.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang sebaiknya dilakukan lebih lanjut dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Dalam pelaksanaan pemasangan bekisting dinding geser harus dilakukan pengawasan yang ketat supaya konstruksi bekisting tersebut kuat dan tidak mengalami kegagalan pada saat beton dituangkan ke dalam bekisting.
2. Keakuratan pemasangan bekisting sangat penting supaya hasil yang diperoleh sesuai dengan yang direncanakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Dharma, Budhi. 2010. *Formwork/ Bekisting Pada Bangunan Gedung Bertingkat*, Gema Teknologi vol 1 6 Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gunawan, Rudy. 2019. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Kanisius, Yogyakarta.
- Muis, Abdul dan Trijeti. 2013. *Analisis Bekisting Metode Semi Sistem dan Metode Sistem Pada Bangunan Gedung*, Jurnal Konstruksia vol 4 Universitas Muhammadiyah, Jakarta.
- Munthe, Agyanata Tua dan M. Ardiansyah Noegroho. 2020. *Analysis of Strength, Stiffness and Stability The Formwork Construction in LRT Jabodebek Project*, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Ni'mah, Hanipatun. 2021. *Analisis Biaya, Waktu dan Kekuatan Bekisting Perancah Kombinasi Kayu Galam dan Tie Rod Pada Jembatan Box Culvert Suungai Hanau CS Kabupaten Tanah Bumbu*, Universitas Islam Kalimantan, Banjarmasin.
- Nurdiana, Iyan dan Abdul Kholiq. 2019. *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Shear Wall Pada Proyek Pembangunan Apartemen Silk Town Alexandria Tower*, Universitas Majalengka, Majalengka.
- Sagel, R, dkk. 2020. *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03. SERI BETON 2*. Erlangga, Jakarta.
- Sajekti, Amien. 2009. *Metode Kerja Bangunan Sipil. Edisi Pertama*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

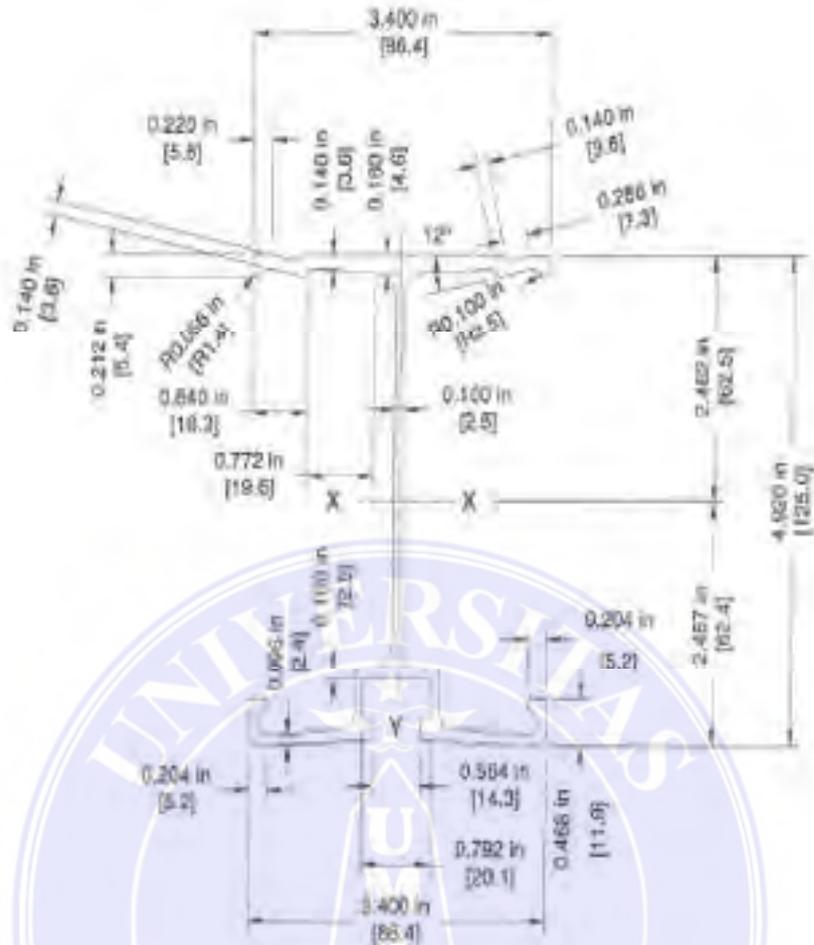
Saptowati, Hasriyasti. 2018. *Analisis Bekisting Pada Pengecoran Dinding Bunker Gedung Iradiator Merah-Putih*, Prima vol 15 no.2, Tangerang Selatan.

Setiawan, Agus. 2013. *Perencanaan Struktur Baja (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Erlangga, Jakarta.

Wigbout, F. Ing. 1992. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Erlangga, Jakarta.



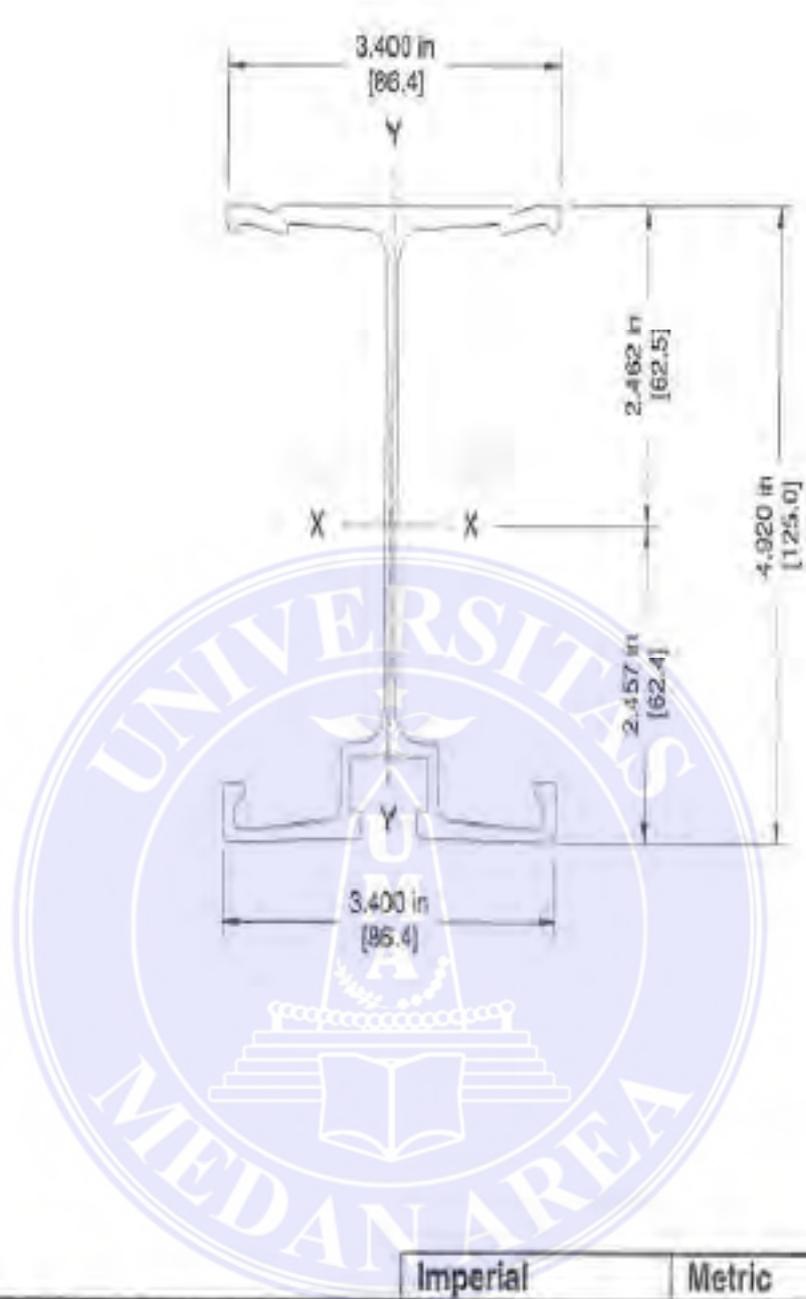




Section Properties		Imperial	Metric
Cross-Section Area	A	1.63 in <sup>2</sup>	1050 mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia	I <sub>xx</sub>	6.73 in <sup>4</sup>	2.80E6 mm <sup>4</sup>
	I <sub>yy</sub>	1.13 in <sup>4</sup>	471.7 E3 mm <sup>4</sup>
Section Modulus	S <sub>xx(max)</sub>	2.78 in <sup>3</sup>	45.50E3 mm <sup>3</sup>
	S <sub>yy(min)</sub>	0.68 in <sup>3</sup>	11.10E3 mm <sup>3</sup>
Radius of Gyration	r <sub>x</sub>	2.04 in	51.70 mm
	r <sub>y</sub>	0.84 in	21.30 mm
Weight/ft		1.90 lb/ft	2.83 kg/m
<b>Material Properties AA ALUMINUM ALLOY 6061-T6</b>			
Ultimate Tensile Strength	F <sub>u</sub>	38 ksi	260 MPa
Yield Strength	F <sub>y</sub>	35 ksi	240 MPa
Modulus of Elasticity	E	10150 ksi	70000 MPa
Density	ρ	0.0975 lb/in <sup>3</sup>	2700 kg/m <sup>3</sup>
% Elongation			8%

Note: Bolt slot accepts 1/2" SAE Gr. 5 or ASTM A307 Hex bolts, Alumina bolts or standard square head bolts.

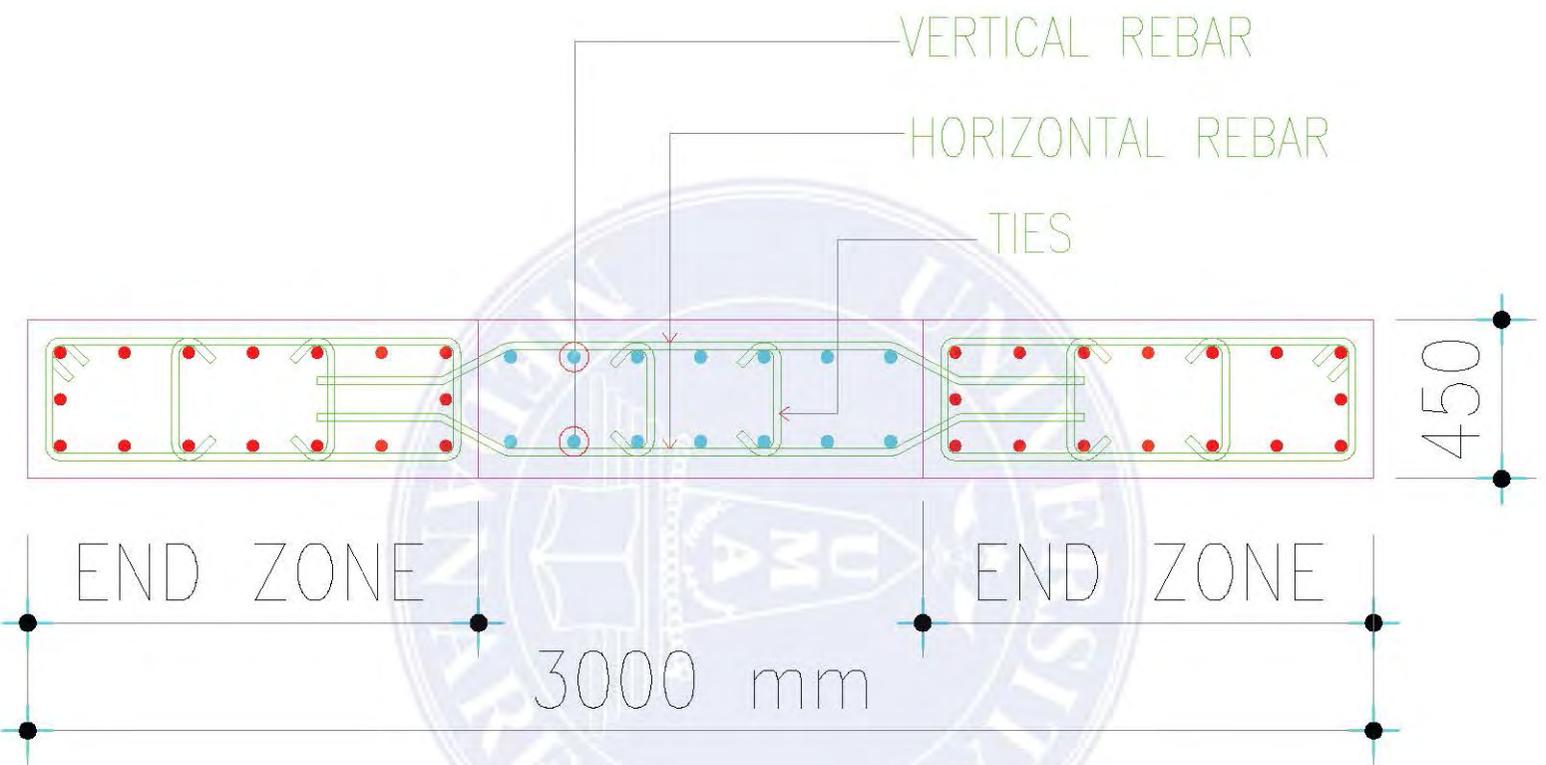
### Data Aluma Beam



	Imperial	Metric
Allowable Bending Moment	44.69 kip-in	5.05 kN-m
Allowable Interior Reaction	7.09 kips	31.55 kN
Allowable Shear	4.77 kips	21.20 kN
Allowable End Reaction	3.55 kips	15.78 kN
Safety Factor 2.0:1 (on ultimate)		

(Interior reaction based on a minimum effective bearing length of 100mm (4"))

Data Aluma Beam



SHEAR WALL TYPE SW1A-5

TGL-15-02-2015

CONDOMINIUM SOUTHERN.

