

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi

Bekisting merupakan cetakan beton atau alat bantu untuk membentuk beton sesuai dengan dimensi, bentuk, tampilan, posisi, dan keselarasan yang diinginkan. Selama proses pengecoran, bekisting harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban sendiri, berat beton basah, beban sementara, dan beban peralatan kerja. Agar efektif, bekisting harus kuat, kokoh, stabil, memenuhi standar permukaan, tidak bocor, serta mudah dipasang dan dibongkar. Bekisting harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis.

Menurut R. Sagel, P. Kole, dan Gideon Kusuma (1997: 41), bentuk dan tampilan beton sangat dipengaruhi oleh kualitas bekisting. Oleh karena itu, bekisting harus terbuat dari bahan berkualitas tinggi dan dirancang dengan teliti untuk menghindari kerusakan struktur akibat lenturan saat beton dituangkan. Lucio Canonica (1991: 139) menyatakan bahwa bekisting dan perancah digunakan untuk membentuk sisi samping dan bawah bangunan, dengan sambungan antar papan bekisting yang tidak boleh bocor agar campuran air semen yang menghaluskan permukaan beton tidak keluar. Dengan demikian, bekisting harus stabil, kaku, dan tidak mengalami deformasi signifikan untuk mencapai bentuk yang diinginkan.

Menurut F. Wigbout (1992: 106), terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam merencanakan beban bekisting. Faktor-faktor tersebut meliputi beban yang harus didukung, frekuensi penggunaan ulang bekisting, kondisi cuaca, serta keausan perancah akibat hentakan, getaran, dan pembebanan yang tidak merata. Terdapat dua jenis beban yang mempengaruhi bekisting: beban vertikal yang didukung oleh struktur penopang dan beban horizontal yang disebabkan oleh angin dan kesalahan dalam pelaksanaan.

Edward G. Nawy (1997: 7) menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat memilih metode bekisting yang akan digunakan, yaitu: kondisi akan struktur yang akan dikerjakan.:

1. Faktor ini krusial karena sistem penguatan bekisting sangat vital untuk mencapai kualitas dimensi struktur sesuai yang direncanakan dalam spesifikasi. Teknik bekisting yang diterapkan pada bangunan dengan dimensi besar tidak akan efisien untuk bangunan berukuran kecil. Luas bangunan yang akan digunakan.
2. Karena pekerjaan bekisting menggunakan material yang bisa dipakai kembali (memiliki siklus perpindahan material), luas bangunan sangat berpengaruh pada siklus penggunaan material bekisting, dan hal ini mempengaruhi harga satuan pekerjaan yang sangat rendah.
3. Ketersediaan material dan plat: Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah kemudahan atau kesulitan memperoleh material atau alat bantu untuk sistem bekisting yang akan digunakan. Selain faktor-faktor tersebut, ada banyak faktor lain yang harus dipertimbangkan.

Ini mencakup biaya bahan, upah tenaga kerja, sarana transportasi, durasi proyek, dan faktor-faktor lainnya. Hanya setelah mempertimbangkan semua aspek tersebut, metode bekisting yang paling sesuai akan dipilih. Pengendalian biaya proyek memiliki potensi besar untuk mengurangi biaya, menurut Iman Soeharto (1995: 287).

1. Memastikan bahwa para perancang dan pihak terkait selalu mempertimbangkan biaya saat merancang sistem.
2. Hindari desain yang terlalu berlebihan baik secara kualitas atau kuantitas.
3. Menggunakan metode yang didasarkan pada prinsip optimasi desain.

Untuk mengurangi biaya bekisting, F. Wigbout (1992: 10) Ditekankan bahwa selama tahap perencanaan pembangunan beton, sejumlah persyaratan harus dipenuhi. Persyaratan ini meliputi bentuk yang sederhana dan rata, ukuran seragam untuk setiap elemen struktur seperti kolom, dinding, lantai, dan balok, serta menyediakan celah coran di lokasi yang dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

Dalam melakukan perancangan bekisting pada pengerjaan beton, Istimawan Dipohusodo (1992: 2) menambahkan bahwa selalu ada alasan untuk mempertimbangkan optimalisasi biaya. Optimalisasi ini melibatkan sejumlah biaya, seperti harga bahan, biaya upah untuk pembuatan, pemasangan, dan pembongkaran, biaya alat yang digunakan, dan kemungkinan pemakaian ulang.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Syarat dan Ketentuan Pekerjaan Bekisting

Langkah awal adalah merancang sistem konsep untuk menghasilkan cetakan beton baru yang dapat menahan beban sendiri dan beban sementara. Syarat-syarat berikut harus dipenuhi:

1. Kekuatan

Cetakan harus mampu menahan tekanan beton serta beban pekerja dan peralatan selama proses penempatan dan pemadatan beton.

2. Kekakuan

Defleksi total cetakan tidak boleh melebihi 0,3% dari dimensi permukaan beton. Dengan demikian, cetakan harus dirawat agar defleksi kumulatif tidak melampaui toleransi struktural.

3. Ekonomis

Cetakan harus dirancang sederhana dengan komponen dan material yang dipilih berdasarkan biaya.

4. Kemudahan dalam pemasangan dan pembongkaran tanpa merusak beton atau cetakan

Sebagai bagian dari perencanaan, metode pemasangan, pengencangan, dan pembongkaran cetakan harus diperhatikan dan dianalisis, termasuk teknik penyesuaian elevasi.

2.2.2 Jenis dan Tipe Bekisting

Wigbout (1992) membedakan bekisting menjadi tiga kategori berdasarkan cara yang sering diubah dan digunakan kembali:

1. Bekisting Konvensional

Bekisting konvensional biasanya digunakan dalam konstruksi yang terbuat dari papan kayu dan balok kayu, dan setelah dibongkar, bagian-bagiannya dapat disusun kembali menjadi bentuk semula atau bentuk lainnya. Meskipun dapat digunakan berulang kali, bentuk yang rumit sering memerlukan pemotongan yang lebih besar.

2. Bekisting Semi-Sistem

Jenis bekisting yang disebut semi-sistem dirancang khusus untuk bentuk atau objek tertentu dan dapat digunakan berulang kali dalam bentuk yang tidak dapat diubah. Metode ini dimaksudkan untuk digunakan dalam proyek tertentu di mana ukurannya disesuaikan dengan bentuk beton yang akan dibangun. Ketika ada potensi besar untuk pengulangan pekerjaan, bekisting semi-sistem biasanya terdiri dari komponen yang dibuat atau dipesan dari pihak lain atau pabrik. Bekisting semi-sistem dapat dibuat dengan kombinasi bahan konvensional seperti kayu dan baja. Ini lebih cepat dipasang dan dibongkar daripada bekisting konvensional yang memiliki banyak bagian terpisah. Biaya upah kerja yang dikeluarkan dan biaya investasi juga lebih rendah.

3. Bekisting Sistem

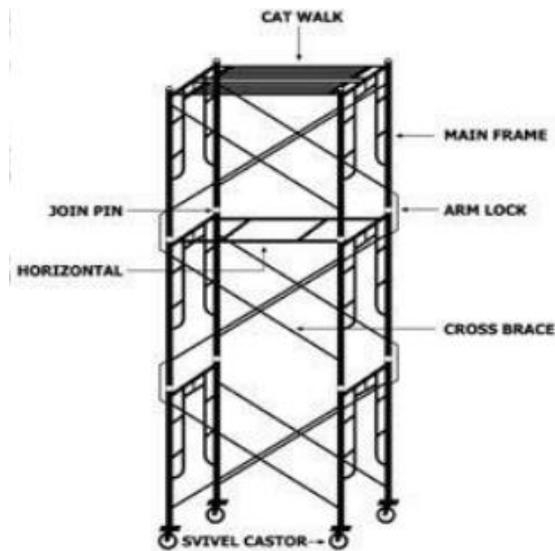
Bekisting sistem adalah jenis bekisting yang dirancang untuk digunakan berulang kali dan dibuat di pabrik dengan sebagian besar bagian terbuat dari baja. Bekisting sistem dapat dibeli atau disewa dari penyedia alat bekisting. Jenis bekisting ini biasanya digunakan untuk panel terowongan dan beton precast.

2.3 Metode Bekisting

Teknik pemilihan bekisting diharapkan mampu digunakan berkali-kali, bahkan hingga puluhan kali, seiring dengan pesatnya perkembangan industri konstruksi. Namun, yang paling penting dalam pekerjaan bekisting adalah kemampuannya untuk menahan beban yang ada. Berikut adalah metode dalam memilih bekisting:

1. Bekisting semi sistem konvensional

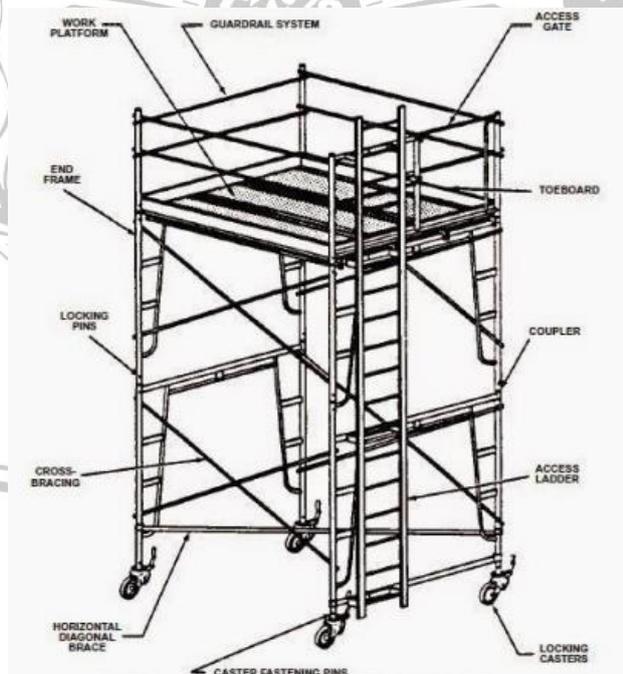
Bekisting berukuran besar dirancang khusus untuk tujuan tertentu dan bisa digunakan berkali-kali tanpa diubah bentuknya dalam metode "bekisting semi sistem konvensional". Pada satu proyek, ukurannya disesuaikan dengan bentuk beton dan bisa digunakan berulang kali. Untuk membuat bahan dasar sesuai dengan bentuk beton, digunakan sistem pabrikasi. Multiplek dan plat berfungsi sebagai acuan, sementara bahan perancah seperti scaffolding atau baja yang diproduksi secara pabrikasi juga digunakan.



Gambar 2.1 Bekisting Semi Sistem Konvensional

2. Bekisting Dengan Sistem PERI

Komponen bekisting sistem PERI sebagian besar terbuat dari baja dan dibuat di pabrik. Sistem ini dapat digunakan berulang kali karena sangat universal. Bahan acuan dan perancah dirangkai secara manufaktur. Pekerjaan teknis relatif ringan karena proses pemasangan sudah disederhanakan. Namun, bekisting dan perancah untuk sistem PERI sangat mahal (Wigbout : 1992).



Gambar 2.2 Bekisting Menggunakan Sistem Peri

2.4 Material Penyusun Bekisting

Sebelum melakukan perhitungan perencanaan bekisting, seseorang harus memilih material yang akan digunakan dengan mempertimbangkan sifat dan karakteristiknya. Untuk bekisting konvensional atau setengah sistem, kayu adalah material yang paling penting.

1. Material Penyusun Bekisting Semi Sistem

a. Kayu

Dalam bidang konstruksi, kayu sangat berguna karena memiliki kekuatan yang signifikan meskipun massanya ringan, harganya relatif terjangkau, mudah didapatkan, mudah diolah, dan merupakan bahan penyambung yang sederhana. Selain itu, kayu juga merupakan isolator termal yang baik dan mampu menahan benturan serta getaran selama proses pembangunan.

Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) membagi jenis kayu menjadi lima kelas berdasarkan berat jenis, kekuatan lentur, dan kekuatan tekan mutlak untuk digunakan sebagai bahan penyusun bekisting.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kayu di Indonesia

No	Kelas Kuat	Berat Jenis	Kuat Lentur Mutlak (kg/cm ²)	Kuat Tekan Mutlak (kg/cm ²)
1	I	> 0,90	> 1100	> 650
2	II	0,90 - 0,60	1100 - 725	650 - 425
3	III	0,60 - 0,40	725 - 500	425 - 300
4	IV	0,40 - 0,20	500 - 360	300 - 215
5	V	< 0,30	< 360	< 215

Bahan kayu memiliki keunggulan sebagai elemen konstruksi yang meliputi:

- Kekuatan tinggi dengan berat yang ringan
- Harga relatif terjangkau dan mudah didapatkan
- Mudah diolah dan sambungannya sederhana
- Memiliki isolasi termal yang sangat baik
- Mampu menahan benturan dan getaran, serta tahan terhadap penangan kasar di lokasi konstruksi pendirian

Dalam perhitungan kekuatan kayu untuk analisis perencanaan bekisting ini, properti yang ditinjau adalah tegangan-tegangan ijin dan modulus elastisitas dari bahan kayu yang akan digunakan.

Tabel 2.2 Nilai-Nilai Tegangan Ijin Kayu dan Modulus Elastisitasnya

No	Jenis tegangan (kg/cm ²)	Kelas Kuat Kayu				
		I	II	III	IV	V
1	Tegangan lentur sejajar serat ($\sigma_{lt//}$)	150	100	75	50	-
2	Tegangan tekan = Tarik sejajar serat ($\sigma_{tk//}$ = $\sigma_{lt//}$)	130	85	60	45	-
3	Tegangan tekan tegak lurus serat ($\sigma_{tk//\perp}$)	40	25	15	10	-
4	Tegangan geser sejajar serat ($\tau_{//}$)	20	12	8	5	-
5	Modulus Elastisitas (E)	125000	100000	80000	60000	-

2. Multiplek

Multiplek, juga dikenal sebagai triplek, terdiri dari beberapa lapisan kayu yang direkatkan satu sama lain, dengan ketebalan masing-masing lapisan berkisar antara 1,5 hingga 3 milimeter. Lapisan terluar triplek biasanya terbuat dari kayu yang lebih baik daripada lapisan dalamnya untuk memastikan bahwa mereka kuat dan tahan lama dan tahan aus saat digunakan sebagai bekisting.

3. Besi Hollow

Besi hollow adalah Pipa kotak berukuran 5 x 5 cm biasanya digunakan dari besi hollow, yang tahan rayap, tahan karat, dan tahan korosi akibat hujan asam dan perubahan cuaca lainnya.

4. Terod / Tie Rod

Terod atau Terod digunakan sebagai pengaku untuk bekisting. Terod biasanya terbuat dari besi ulir dengan diameter sekitar 10 mm dan panjangnya disesuaikan dengan dimensi bekisting kolom. Fungsi terod adalah untuk mengunci bekisting pada kolom agar beton tidak berubah bentuk selama proses pengecoran dan untuk memastikan sabuk kolom tetap terikat dengan aman.

5. Perancah

Perancah digunakan Perancah digunakan untuk menyangga bekisting pada kolom konvensional dengan u head dan base jack sebagai support. Metode ini lebih mudah dan lebih kuat daripada menggunakan penyangga kayu.

6. Minyak Bekisting dan Paku

Untuk memastikan bahwa bekisting kolom dapat dibongkar dengan mudah dan tanpa kerusakan, multiplek kolom harus dibersihkan dan dilumasi dengan minyak pelumas sebelum digunakan. Ini memastikan permukaan kolom tetap halus dan bebas dari lubang-lubang dan memudahkan pembongkaran setelah pengecoran.

Untuk bekisting konvensional, paku besi biasanya tersedia dalam berbagai panjang yang diukur dalam satuan inci dan dapat dibeli di toko bahan bangunan.

2.4.1 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Bekisting

1. Kelebihan Bekisting Sistem PERI

- a. Standar Keselamatan yang Memadai: Standar keselamatan tinggi dijamin oleh pengujian dan penelitian yang dilakukan oleh ahli dan teknisi yang berpengalaman.
- b. Kapasitas Menahan Beban Tinggi: Uji coba dilakukan pada setiap komponen dan asesoris sistem PERI untuk menilai kapasitas dan kekuatan mereka untuk menahan beban yang berat.
- c. Praktis dalam Perakitan, Pemasangan, dan Pembongkaran: Proses perakitan, pemasangan, dan pembongkaran menjadi lebih mudah dengan alat yang dibuat sesuai fungsi dan dimensi.
- d. Minim Penggunaan Material Konsumabel: Mengurangi risiko kehilangan atau kerusakan material karena tidak menggunakannya terlalu banyak.
- e. Presisi Beton Terakhir: Beton yang dibuat dengan sangat presisi dan akurasi dalam bentuk dan dimensinya.
- f. Aplikasi pada Struktur Berbagai Bentuk dan Jenis: Ini dapat diterapkan pada struktur yang berbentuk vertikal, horisontal, atau bahkan kurva atau lengkung.
- g. Tahan Lama: Perlengkapan dan peralatan dapat bertahan lebih lama.

h. Kenyamanan dan Keleluasaan dalam Bekerja: Ada platform, juga dikenal sebagai bordes, yang menawarkan keamanan dan kenyamanan saat bekerja.

2. Kekurangan Bekisting Sistem PERI

- a. Biaya Pengadaan yang Tinggi: Membeli peralatan bekisting jenis ini membutuhkan uang yang besar.
- b. Keterbatasan Produsen dan Penyalur: Ada sedikit produsen dan penyedia alat dan aksesoris untuk sistem PERI, khususnya di Indonesia.
- c. Keterbatasan Jenis Aksesoris: Beberapa aksesoris untuk alat sistem PERI tidak dapat diakses di Indonesia dan harus diimpor.
- d. Pembinaan dan Pelatihan Pekerja Lapangan: Pekerja lapangan harus dilatih tentang jenis alat, fungsi, dan cara menyetel, memasang, dan membongkar sistem ini.
- e. Risiko Kehilangan: Ada kemungkinan lebih besar bahwa alat atau aksesoris berukuran kecil akan hilang jika tidak disimpan atau dipelihara dengan benar.
- f. Biaya Pengadaan Kembali yang Mahal: Produsen pengadaan tidak memiliki banyak pilihan, jadi pengadaan kembali bisa sangat mahal karena resiko kehilangan yang tinggi.

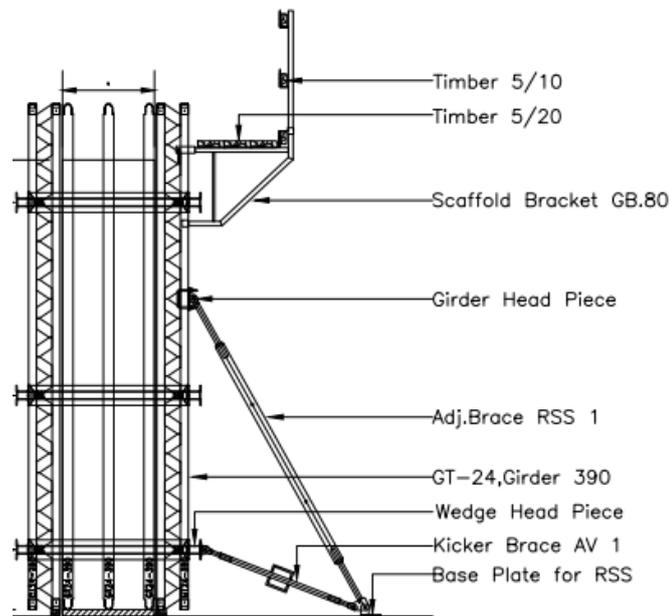
2.4.2 Material Bekisting Sistem Peri

"Bekisting sistem adalah bekisting yang diproduksi di pabrik dan dipasang di bangunan yang bersangkutan dengan menggunakan elemen-elemen bantu yang merupakan bagian dari sistem ini." Proses pemasangannya mudah dan tidak membutuhkan banyak pekerjaan teknis, tetapi menggunakan bekisting sistem ini memerlukan biaya yang tinggi. Bekisting ini dapat digunakan berulang kali dan tetap utuh. Konstruksi penopangnya terdiri dari bagian baja yang dibuat di pabrik. Perancah ini biasanya dikontrak oleh penyedia alat bekisting.

Material penyusun bekisting sistem PERI diantaranya adalah

1. Peri Girder GT 24
 - a. GT 24 Girder, L = m GT 24 Girder adalah baja penopang GT 24 Girder, L = m, yang diterapkan dalam sistem bekisting PERI.
 - b. Panel adalah bagian dari sistem bekisting PERI yang berfungsi sebagai cetakan dan berhubungan langsung dengan permukaan beton.
2. Coloumn Wale Waler SRGZ
 - a. Bahan sabuk kolom dan dinding bekisting sistem PERI SGRZ 10
 - b. Kolom Vario Waler SVRZ 150
3. Accessoies
 - a. Pengait Rantai HB 24-100/120
Pengait rantai HB 24-100/120 menghubungkan girder GT-24 ke steel waler.
 - b. Wedge KZ dan Wedge
Wedge KZ Galv menyambungkan panel ke tie yoke, sementara Wedge K menghubungkan panel ke wedge head piece.
 - c. Tie Yoke SKZ
Tie rod digunakan sebagai pengikat panel formwork untuk dinding sudut luar.
 - d. Wingnut DW 15, Galv
Wingnut DW 15, Galv berfungsi sebagai penahan formwork untuk tie rod DW 15.
 - e. Girder Headpiece GT 24, Galv
Girder Headpiece GT 24 digunakan untuk menghubungkan prop push pull RSS dan kickers AV pada girder.
 - f. Wedge Headpiece
Wedge Headpiece berfungsi menghubungkan push pull prop dan kickers AV.
 - g. Base Plate untuk RSS
Base Plate RSS digunakan sebagai pusat prop push pull RSS.

- h. Push Pull Prop RSS I
Push Pull Prop RSS I digunakan untuk menstabilkan formwork sistem.
 - i. Kicker Brace AV
Kicker Brace AV membantu menstabilkan formwork sistem.
 - j. Scaffold Bracket GB 80
Scaffold Bracket GB 80 adalah komponen penting dalam pembuatan lantai kerja.
4. Tie Rod Accessories
Tie Rod DW 15
Pengaku pengaku DW 15 digunakan baik pada sistem PERI kolom maupun dinding.
5. Pin Accessories
- a. Universal Coupling
Penghubung universal digunakan untuk sabuk kolom atau dinding bekisting sistem PERI.
 - b. Pin 16x42, Galv
Pin 16x42 Galv untuk berbagai aplikasi.
 - c. Cotter Pin 4/1,
Galv adalah pengunci antara hubungan vertikal dengan sabuk kolom atau dinding.
6. Vario Consumable Part
- a. TSS-TORX 6x60, galv
Galvan TSS-TORX 6x60 digunakan untuk pengikat batang baja.
 - b. F.H Bolt M8x70 W.NUT
Bahan pengikat tumpuan untuk sambungan F.H Bolt M8x70 W.NUT.
 - c. BIT POINT Tx30
Bahan bit point Tx30 membantu mengencangkan TSS-TORK ke girder.



Gambar 2.3 Bekisting Sistem PERI

2.5 Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting

Dalam konstruksi bekisting, biaya tenaga kerja dan peralatan merupakan bagian terbesar dari biaya keseluruhan. Pengeluaran untuk tenaga kerja dan peralatan dibagi menjadi tiga tahap pekerjaan, yaitu pembuatan, pemasangan, dan pembongkaran :

1. Pembuatan (*build*)

Tahap awal pembuatan bekisting sebelum digunakan, di mana berbagai jenis cetakan digunakan untuk prefabrication. Tipe cetakan bangunan ini bergantung pada prefabrication awal bekisting, yang mengakibatkan biaya tambahan selama pemasangan dan penguatan (Clark, 1983).

2. Pemasangan (*erect*)

Pemasangan (*erect*) Tahap pemasangan bekisting, juga disebut sebagai kegiatan dummy, membatasi awal kegiatan. Dummy ini tidak perlu diukur karena tidak memiliki panjang atau kemiringan yang signifikan.

3. Pembongkaran (*strip*)

Pembongkaran fisik, pemindahan, pembersihan, penyimpanan sementara, pelumasan, serta perbaikan bekisting setelah dilakukab penggunaan supaya siap untuk digunakan lagi saat operasional lainnya (Clark, 1983).

2.6 Analisa Kekuatan Bekisting

1. Pembebanan

Menurut perencanaan, besarnya beban yang diberikan beton pada bekisting sebagai bahan penyokong harus sama, merata, atau homogen. Dengan kata lain, beton harus homogen.

(a) Beban Vertikal

Beban hidup vertikal mencakup beban pekerja, kelengkapan konstruksi, serta lokasi penyimpanan material slab yang baru mengeras. Beban vertical yang bekerja pada bekisting dijelaskan di bawah ini.:

1. Berat jenis beton basah $q = 2500 \text{ kg/m}^3 = 25 \text{ Kn/m}^3$
2. Beban kerja (F.Wigbout) $q = 150 \text{ kg/m}^2 = 1500 \text{ N/m}^2$

(b) Beban Horizontal

Beton semi-cair, seperti beton cair lainnya, akan memberikan tekanan lateral pada bekisting saat diisikan ke dalamnya. Standar hitung untuk tekanan lateral pada bekisting dikeluarkan oleh Komite ACI 347 dengan mempertimbangkan parameter berikut. :

R = Kecepatan pengecoran acuan (m/jam), merupakan pengecoran arah vertical.

v = Debit aliran penuangan (m^3 /jam).

A = Dimensi struktur yang ditinjau (m^2), Luas dari struktur yang tertutup bekisting.

P = Tekanan horizontal oleh spesi beton (kg/m^2), Max 2000 psf atau 150 h (pilih yang paling rendah), Berat jenis (kg/m^3).

h = Tinggi tinjauan (m).

T = Suhu Beton ($^{\circ}\text{C}$).

Didapat dari nilai R yang telah ditentukan pada tekanan horizontal.

$$R = \frac{v}{A} \dots\dots\dots(i)$$

$$\rho \text{ max} = 150 + \frac{900 R}{T} \dots\dots\dots(ii)$$

Jika R lebih dari 10 ft/jam, tidak boleh lebih dari h dengan tekanan minimum 600 psf dan tekanan maksimal sebesar 2000 psf, maka diasumsikan:

$$\rho_{\min} = \gamma h \dots \dots \dots (iii)$$

Meskipun tekanan spesi beton pada sisi atas selalu lebih kecil, perhitungan tersebut didasarkan pada tekanan spesi beton yang dibagi rata dengan tekanan spesi beton maksimum.

2. Rumus Kekuatan Bekisting

Selama proses pengecoran, perancah dan bekisting dirancang untuk menahan beban diantaranya, beban hidup, beton basah, serta beban peralatan kerja. Oleh karena itu, analisis harus dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa material dapat menahan beban ke semua arah yang mungkin tanpa mengalami kerusakan yang cukup besar dan memenuhi syarat kestabilan dilihat dari segi keamanan penggunaan material. Perhitungan beban yang diperbolehkan mencakup :

a. Beban Beton Bertulang

Berat beton bertulang adalah 2,4 ton/m³ sesuai aturan yang berlaku. **(PPIUG,1983 ;11)**

b. Beban oleh Bekisting

Berat bekisting multiplex dikali dengan berat jenis yang kemudian dikali dengan luasnya penampang. Untuk balok anak, balok melintang, dan perancah, perhitungan ini sama. Perhitungan melihat bahwa pembebanan awal beton sering terjadi hanya di satu lapangan. **(R.Segel,dkk 1994;54).**

c. Beban Kerja

Dengan muatan rata-rata 150 kilogram per meter persegi, beban kerja termasuk beban pekerja, peralatan, dan alat angkut beton. **(F.Wigbout, 1992;108).**

Tabel 2.3 Tabel Rumus Kekuatan Bekisting

Kontrol Hitungan	Balok 2 Tumpuan	Balok Menerus	Balok Kantilever
Momen	$M = \frac{1}{8} q L^2$	$M = \frac{1}{10} q L^2$	$M = \frac{1}{2} q L^2$
Tegangan Lentur	$\sigma = \frac{M}{W}$	$\sigma = \frac{M}{W}$	$\sigma = \frac{M}{W}$
Lendutan	$\sigma = \frac{5}{384} x q x \frac{L^4}{ExL}$	$\sigma = \frac{1}{145} x q x \frac{L^4}{ExL}$	$\sigma = \frac{1}{8} x q x \frac{L^4}{ExL}$

Keterangan :

M = Momen akibat bekisting kotak (kgm).

W = Momen perlawanan (m³).

q = Beban total dari bekisting kontak tiap meter (kg/m).

L = Jarak antar balok anak (m).

(R.Segel, dkk,1994; 56)

b = Panjang papan bekisting kontak tiap meter (m)

h = Tebal papan bekisting kontak (m)

(R.Segel, dkk,1994; 56)

δ = Tegangan lentur ijin kayu (kg/m²)

(F.Wigbout Ing, 1992;142).

Menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) tahun 1961, δ diperoleh melalui tabel PKKI pada halaman enam. Menurut PKKI, harga tegangan ijin untuk pembebanan pada konstruksi tetap dan permanen serta konstruksi yang terlindung harus dikalikan dengan faktor reduksi sebesar :

- Untuk konstruksi tidak terlindung β = 5/6
- Untuk pembebanan yang bersifat sementara γ = 5/4

3. Rumus Kekakuan Bekisting

Lendutan bagian struktur bekisting selalu dibatasi oleh syarat teknis pengerjaan struktur beton. Lendutan ini berfungsi untuk melindungi beton yang telah tercetak dan mencegah pengaruh pergerakan yang berlebihan (R. Segel et al., 1994:57). Pendekatan yang terjadi di atas 3 tumpuan atau bahkan lebih dengan menggunakan rumus :

$$f = \frac{2.5 q L^4}{384 EI}$$

Keterangan :

f = Lendutan yang terjadi	(m)
q = Beban total dari bekisting kontak tiap meter	(kg/m)
L = Jarak antar balok anak	(m)
E = Modulus Elastisitas kayu	(kg/m ²)
I = Momen Inersia kayu	(m ⁴)

4. Kontrol Gaya Lintang

Gaya lintang (V) yang terjadi dapat dihitung setelah mengetahui hasil jarak perletakan. Rumus berikut akan digunakan untuk membandingkan gaya lintang ini dengan gaya lintang maksimal seperti berikut :

$$V = \frac{5}{8} qL$$

Keterangan :

q = Beban merata	(kg/m)
L = Jarak antar tumpuan	(m)
V = Gaya lintang yang terjadi	(kg)

(R.Segel,dkk,1994:61)

$$\tau = \frac{3 \times V \max}{2 \times A}$$

Keterangan :

T = Tegangan ijin geser	(kg/m ²)
Vmax = Gaya Lintang Max ijin	(kg)
A = Luas dibebani g.lintang	(m)

(R.Segel,dkk,1994:57)

5. Kontrol Bekisting

Tegangan tekan pada perancah dapat dikendalikan untuk memastikan apakah perancah tersebut benar-benar mampu menerima reaksi tumpuan dengan luas permukaan A. Bandingkan tegangan tekan dengan tegangan izin tekan atau tekuk. Tegangan tekan ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut, dengan panjang perancah yang digunakan adalah Lk.

Rumus tegangan tekan adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{tk} = R/A$$

dan kontrol arah sumbu adalah sebagai berikut:

$$\lambda_x = 3.5 \times L_k/h$$

$$\lambda_y = 3.5 \times L_k/b$$

dengan syarat apabila $\lambda < 150$ maka digunakan penahan lateral tekuk dimana :

L_k = Panjang tekuk (m)

h, b = Dimensi perancah (m)

(R.Seggel, dkk, 1994: 58)

2.7 Analisa Kebutuhan Material

Kebutuhan material adalah jumlah banyaknya pekerjaan dalam satu satuan, bukan volume isi.

1. Komponen yang Mempengaruhi Biaya Kontruksi

Biaya adalah komponen penting dalam proses pembangunan. Biaya proyek konstruksi terbagi menjadi dua jenis: biaya langsung dan biaya tidak langsung (Nugraha et al., 1985). Biaya langsung meliputi semua pengeluaran yang secara permanen berkontribusi pada hasil akhir proyek, seperti biaya bahan, upah pekerja, dan biaya peralatan (Suharto, 1995).

Sementara itu, biaya tidak langsung adalah biaya yang dibutuhkan untuk mendukung penyelesaian pekerjaan, yang dipengaruhi oleh durasi penyelesaiannya. Biaya tidak langsung mencakup pengeluaran untuk manajemen, pengawasan, pembayaran material dan jasa, serta pengadaan komponen proyek yang diperlukan selama proses pembangunan (Suharto, 1995).

2.8 Analisa Koefisien Harga Satuan Pekerjaan

Dalam analisis biaya pembangunan, terdapat tiga variabel utama yang diperhitungkan: bahan, tenaga kerja, dan peralatan. Volume pekerjaan konstruksi diukur dalam satuan meter, meter persegi, atau meter kubik. Ketiga variabel ini menunjukkan jumlah serta jenis bahan, tenaga kerja, dan peralatan yang diperlukan.

2.9 Analisa Produktifitas dan Durasi

Pekerjaan beton meliputi bekisting dan perancah. Pekerjaan struktural lainnya mencakup pembesian dan pengecoran. Pekerjaan-pekerjaan ini saling terkait dalam pelaksanaannya. Secara keseluruhan, keterlambatan dalam pekerjaan bekisting dan perancah berhubungan dengan keterlambatan dalam keseluruhan jadwal pekerjaan struktur, dan sebaliknya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa keterlambatan dalam pekerjaan bekisting dan perancah berkaitan dengan keterlambatan dalam keseluruhan jadwal pekerjaan struktur.

Efektivitas perencanaan konstruksi memerlukan pemahaman proyek yang menyeluruh. Selanjutnya, metode pelaksanaan dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan, termasuk bahan, peralatan, dan tenaga kerja, harus ditentukan. Hal ini akan membuat pekerjaan lebih aman, ekonomis, dan memenuhi persyaratan kualitas yang memuaskan pelanggan (Illingworth, 1993).

Untuk mengetahui waktu pelaksanaan perbandingan metode yang akan digunakan, kontraktor pelaksana pekerjaan-pekerjaan bekisting serta perancah diwawancarai dan diamati secara langsung di lapangan untuk menilai produktivitas dan durasi pekerjaan.

1. Produktivitas

Produksi merupakan suatu proses untuk memaksimalkan keluaran barang dan jasa dengan cara menggunakan sumber daya secara efisien. Maka dari itu, produktivitas sering diartikan sebagai perbandingan antara pengeluaran dan pemasukan dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, produktivitas mencerminkan hubungan antara hasil yang diperoleh dengan jumlah tenaga kerja, modal, lokasi, serta sumber daya lainnya yang digunakan untuk menghasilkan barang (input), dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output (Hasil Kerja)}}{\text{Input (Jumlah Tenaga Kerja)}}$$

Beberapa faktor yang berkontribusi pada level productivity TK (tenaga kerja) yang rendah adalah sebagai berikut:

a. Faktor Kondisi Lapangan

Kesulitan dalam pengerjaan bekisting pada lantai rendah berbeda dengan lantai tinggi. Faktor-faktor ini sangat berpengaruh pada waktu penyelesaian pekerjaan.

b. Faktor Keterampilan Tukang

Banyak faktor yang mempengaruhi keterampilan tukang, seperti usia, kondisi fisik, pengalaman kerja, dan tingkat kecerdasan.

c. Faktor Ketersediaan Bahan Material dan Alat Bantu

Kekurangan material dan alat bantu dapat menghambat pekerjaan, demikian pula sebaliknya.

Untuk melakukan analisis perhitungan, kondisi ideal dianggap sebagai keadaan di mana pekerja atau tukang memiliki kemampuan standar, kondisi lapangan mendukung, dan material tersedia..

2. Waktu Pengerjaan Yang Dibutuhkan

Biaya yang dikeluarkan sangat dipengaruhi oleh lamanya suatu pekerjaan atau proyek berlangsung. Adapaun waktu ini dapat dilakukan penghitungan menggunakan cara berikut :

$$\text{Waktu Pengerjaan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}}$$

Dengan pendekatan Level of Effort, evaluasi produktivitas tenaga kerja menilai pekerjaan yang telah selesai sebagian, yang mencakup berbagai subpekerjaan seperti pembuatan, pemasangan, dan pembongkaran. Pendekatan ini digunakan untuk menetapkan harga satuan tenaga kerja dengan memperhitungkan tingkat produktivitas tenaga kerja (TK). Pendekatan ini tidak membutuhkan pengumpulan data dari awal hingga akhir proyek.

Metode ini melakukan pembobotan terhadap aturan kredit dan subpekerjaannya. Salah satu keuntungan dari metode ini (level of effort) yakni menghasilkan output yang sangat akurat sekaligus objektif.

3. *Rules Of Credit*

Aturan Kredit merupakan nilai pembobotan yang akan dialokasikan ke berbagai sub pekerjaan dari total pekerjaan yang dievaluasi. Sumbangan setiap sub pekerjaan terhadap total pekerjaan dihitung dengan cara berikut. Apabila jumlah aturan kredit untuk semua sub pekerjaan tidak sama dengan satu, kemungkinan besar terjadi kesalahan dalam perhitungan. Rumus persamaan di bawah ini:

$$\text{Rules of credit} = \frac{\text{Work hour}}{\text{Total work hour}}$$

Keterangan :

Work hour = Jumlah jam kerja sub pekerjaan X (jam)

Total work hour = Jumlah jam kerja pada pekerjaan (jam)

4. *Total Productivity*

Total output adalah jumlah keseluruhan pekerjaan yang diselesaikan selama periode pengamatan. Nilai produksi ini digunakan untuk mengukur produktivitas rata-rata tenaga kerja sepanjang hari pengamatan. Produksi ini juga digunakan untuk menghitung produktivitas pekerja lapangan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Total productivity} = \frac{\text{Total quantity}}{\text{Total work hour}}$$

Keterangan :

Total quantity = Total hasil kerja selama pengamatan (m²)

Total work hour = Jumlah jam kerja selama pengamatan (jam)

2.10 Analisa Biaya Bekisting

Panel perancah dirancang untuk memudahkan pemasangan, pembongkaran, dan pemindahan. Mengingat biaya tinggi dalam pembangunan struktur beton, insinyur struktur harus memastikan panel perancah bisa dipasang, dibongkar, dan dipindahkan dengan mudah (Edward G Nawy, 1997:1). Menurut James M. Antil dan Paul W. S. Ryan (1982).

Untuk menghitung efisiensi pekerjaan perancah, estimator harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti jenis metode yang digunakan, jenis material yang dipilih, dan tenaga kerja yang terlibat. Apabila sistem pabrikasi digunakan, maka biaya untuk pembongkaran, perkuatan, pemasangan, dan pemindahan harus dihitung.

Biaya konstruksi perancah dapat dihitung dengan menjumlahkan total bahan kayu per meter persegi area kontak dan menghitung sisa materialnya. Setelah itu, harga satuan kayu dikalikan. Edward G Nawy (1997:3) menyatakan bahwa dalam pelaksanaan, estimasi menghitung waktu yang diperlukan untuk membangun dan membongkar perancah setiap siklusnya. Selain pekerjaan pembersihan perancah, penundaan akibat cuaca dan masalah alat juga harus diperhitungkan dalam estimasi waktu tersebut..

2.11 Hasil Penelitian dan Kajian Terdahulu

Beberapa penemuan dalam penelitian terkait dengan skripsi ini diperoleh dari beberapa studi ilmiah, termasuk

1. Nama : Pewtiasari, dkk tahun 2018 telah melakukan penelitian tentang : “Analisa Perbandingan Metode, Biaya dan Waktu Penggunaan Bekisting Aluminium dengan Bekisting Konvensional, Semi Konvensional dan Sistem (PERI)” .

Dalam penelitian ini dimasukkan untuk : Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat perbedaan dalam penggunaan metode bekisting tinjau dari segi waktu dan biaya.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu : Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis metode untuk menghasilkan perbandingan karakteristik masing-masing bekisting, analisis biaya untuk memungkinkan perbandingan rencana anggaran biaya, analisis waktu untuk menghasilkan kapasitas produksi dan waktu pelaksanaan.

Dari hasil penelitian didapati bahwa : bahwa bekisting aluminium menghemat uang, waktu, dan waktu. Metode pemasangan dengan sistem multifungsi dengan kata lain, seluruh kesatuan elemen struktur

mengakibatkan terjadinya pelaksanaan efektif tanpa pekerjaan yang tertinggal. Material yang awet dan tahan lama serta dapat di-recycle sangat bermanfaat bagi proses konstruksi dan keberlangsungan lingkungan. Dibandingkan dengan jenis bekisting lainnya, bekisting aluminium memiliki biaya paling rendah. Ini disebabkan oleh harga satuan bahan dan gaji pekerja yang murah, sekaligus penggunaan berulang kali yang tinggi. Selain itu, bekisting aluminium memiliki waktu pemasangan tercepat karena mudah dipasang dan menghasilkan level produktivitas yang besar. Keuntungan ini membuat jenis bekisting aluminium ideal untuk digunakan di gedung bertingkat tinggi dengan penggunaan lantai standar.

2. Nama : Prasetyo tahun 2012 telah melakukan penelitian : “Analisa Perbandingan Biaya Pekerjaan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting PERI Pada Kontruksu Balok dan Kolom”.

Objektif penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pelaksanaan pekerjaan, mengevaluasi produktivitas tenaga kerja, dan mengevaluasi biaya, termasuk biaya yang berkaitan dengan kebutuhan material dan alat.

Dari Analisa diperoleh hasil : Hasil analisis menunjukkan bahwa metode bekisting PERI lebih menguntungkan daripada metode konvensional. Bekisting PERI mudah dipasang dan dibongkar, dan berhasil melakukan efisiensi 16,99% pada cost untuk pekerjaan-pekerjaan bekisting konvensional, dengan biaya total bekisting konvensional sebesar 427.241.121 dan bekisting PERI sebesar 354.657.276.

3. Nama : Pratama, dkk tahun 2017 telah melakukan penelitian : “Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem dan Sistem (PERI) Pada Kolom Gedung Bertingkat”.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan tiga metode bekisting yang berbeda dengan mempertimbangkan biaya dan waktu.

Dengan melihat perbandingan biaya dan waktu pada pekerjaan-pekerjaan bekisting, penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis bekisting yang paling tepat untuk digunakan pada pekerjaan bekisting kolom yang berbeda untuk setiap proyek.

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode semi sistem, yang digunakan untuk proyek Word Trade Center 3 di Ruko Grand Kota Binang dan Ruko Gajah Mada Kota Semarang, lebih efisien dalam hal mengutamakan biaya dan waktu daripada metode bekisting PERI.

4. Nama : Rafik, dkk 2017 telah melakukan penelitian : “Tinjauan Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Kolom Kayu, Plywood dan Sistem PERI (PERI LICO)”

Metode penelitian komparatif dan deskriptif digunakan untuk melihat perbandingan biaya yang dikeluarkan antar metode yang digunakan dalam penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun metode PERI lebih mahal, metode konvensional yang lebih murah memiliki kualitas proses finishing yang lebih baik.

