

BAB II

LANDASANTEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Bekisting merupakan cetakan sementara yang digunakan untuk membentuk elemen beton sesuai dengan desain yang diinginkan hingga beton mengeras dan mampu menopang bebannya sendiri. Bekisting memiliki peran penting dalam konstruksi beton, terutama dalam menentukan bentuk, dimensi, dan kualitas akhir beton. Material bekisting dapat bervariasi, mulai dari kayu, baja, aluminium, hingga plastik, dengan masing-masing memiliki keunggulan dan keterbatasan tergantung pada kebutuhan proyek (Gambhir, 2018).

Dalam proses konstruksi, pemilihan jenis bekisting harus mempertimbangkan beberapa faktor, seperti biaya, kemudahan pemasangan dan pembongkaran, serta dampaknya terhadap lingkungan. Bekisting konvensional dari kayu masih banyak digunakan karena biayanya yang relatif rendah dan mudah dibentuk, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal umur pakai yang pendek serta limbah material yang tinggi. Di sisi lain, bekisting modern seperti bekisting sistem atau bekisting pracetak menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dengan waktu pemasangan yang lebih singkat dan tingkat presisi yang lebih baik (Kumar Mehta & Monteiro, 2014).

Bekisting harus mampu menahan beban beton segar, tekanan lateral, serta getaran yang terjadi selama proses pengecoran tanpa mengalami deformasi atau kebocoran yang dapat mempengaruhi hasil akhir beton. Oleh karena itu, desain dan pemasangan bekisting harus memperhitungkan beban kerja, ketahanan material, serta metode pengikatan yang digunakan agar tetap stabil selama proses pengerasan beton. Selain itu, penggunaan bahan bekisting yang tidak menyerap air juga penting untuk menjaga kadar air dalam campuran beton dan mencegah segregasi agregat (Neville, 2012).

Bekisting juga memiliki peran dalam efisiensi proyek konstruksi, terutama dalam mengurangi waktu pekerjaan dan biaya tenaga kerja. Sistem bekisting yang dapat digunakan kembali, seperti bekisting modular atau sistem aluminium, dapat

menghemat biaya dalam proyek skala besar. Pemanfaatan teknologi dalam bekisting, seperti bekisting plastik yang ringan dan mudah dibongkar-pasang, semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan dalam konstruksi beton.

Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, penggunaan bekisting tidak hanya terbatas pada sistem konvensional, tetapi juga berkembang menuju sistem modern seperti bekisting PERI yang menawarkan efisiensi dan kualitas yang lebih baik.

Bekisting konvensional umumnya terbuat dari kayu atau multipleks yang dipasang secara manual di lokasi proyek. Keunggulan utama dari bekisting konvensional adalah fleksibilitas dalam pembentukan berbagai bentuk dan ukuran elemen beton sesuai kebutuhan proyek. Namun, sistem ini memiliki beberapa kekurangan, seperti waktu pemasangan yang lebih lama, ketergantungan pada tenaga kerja yang terampil, serta limbah material yang cukup tinggi akibat penggunaan kayu yang tidak dapat digunakan kembali dalam jangka panjang (Kosmatka et al., 2011). Oleh karena itu, meskipun bekisting konvensional masih banyak digunakan, terutama untuk proyek kecil atau konstruksi non-berulang, penggunaannya mulai berkurang dengan berkembangnya sistem bekisting yang lebih efisien.

Salah satu inovasi dalam sistem bekisting modern adalah sistem bekisting PERI, yang dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam konstruksi beton. Sistem ini menggunakan bahan seperti aluminium dan baja ringan, yang memungkinkan pemasangan dan pembongkaran lebih cepat dibandingkan bekisting konvensional. Selain itu, sistem PERI dirancang dengan modul yang dapat digunakan kembali berkali-kali, sehingga mengurangi limbah material dan lebih ramah lingkungan. Keunggulan lainnya adalah kestabilan dan presisi tinggi dalam pembentukan elemen beton, yang menghasilkan permukaan beton yang lebih halus dengan sedikit atau tanpa perlakuan tambahan setelah pengecoran (Peurifoy et al., 2011). Dengan berbagai kelebihannya, bekisting PERI banyak digunakan dalam proyek konstruksi berskala besar, seperti gedung bertingkat, jembatan, dan infrastruktur lainnya.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya telah dilakukan tentang analisis bekisting konvensional dan PERI. Berikut adalah tinjauan penelitian yang telah dilakukan :

Table 2. 1 Rincian Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan dan Metode	Hasil Penelitian
1.	Nugroho (2018)	Analisis Perbandingan Biaya Bekisting Antara Bekisting Multiplex dan Bekisting Tegofilm Untuk Kolom Gedung Bertingkat	Membandingkan biaya pekerjaan. Menggunakan metode konvensional	Pembangunan bekisting kolom di Rumah Sakit JIH Solo membutuhkan biaya 2.056.169.928,10 rupiah untuk material multiplex dan 2.197.607.374,73 rupiah untuk material tegofilm, tetapi biaya multiplex 7% lebih rendah daripada tegofilm.
2.	Susilo (2019)	Analisis Biaya Bekisting Konvensional dan Bekisting Semi-Sistem Pada Kolom Bangunan Gedung	Membandingkan biaya pekerjaan. Menggunakan Metode konvensional dan semi-sistem	Pembangunan kolom di Green Park Apart Ment and Mall membutuhkan biaya bekisting konvensional sebesar Rp 1.902.728.133,86 dan bekisting semi-sistem sebesar Rp 1.599.868.777,12. Dengan demikian, biaya bekisting konvensional 15% lebih mahal daripada bekisting semi-sistem.
3.	Pratama, dkk. (2017)	Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, Dan Sistem (PERI) Pada Kolom Gedung Bertingkat	Membandingkan biaya dan durasi pekerjaan. Menggunakan metode Konv, semi sistem dan sistem PERI	Studi ini melihat biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan bekisting kolom menggunakan metode konvensional, semi-sistem, dan PERI pada tiga proyek berbeda: WTC 3 di Jakarta, Ruko Grand Kota Bintang, dan Ruko Gajah Mada. Dibandingkan dengan metode konvensional dan semi-sistem, penggunaan bekisting sistem (PERI) menunjukkan efisiensi waktu dan biaya.

Sumber : Nugroho (2018), Susilo (2019), Khasani (2017)

Berikut ini adalah beberapa persamaan dan perbedaan antara penelitian yang akan dilakukan dan penelitian sebelumnya dari rangkuman penelitian sebelumnya :

1. Persamaan dengan penelitian Sony Prakoso Nugroho (2018) adalah bahwa bekisting dievaluasi dan dibandingkan dari segi biaya antara dua metode; namun, penelitian ini membandingkan bekisting sistem dan konvensional.
2. Persamaan dengan penelitian Eko Susilo (2019) adalah bahwa bekisting dievaluasi dan dibandingkan dari segi biaya, tetapi penelitian ini membandingkan bekisting konvensional dan semi-sistem.
3. Persamaan dari penelitian yang dilakukan oleh Hario Surya Pratama, Rosaria Kristy Anggraeni, Arif Hidayat, dan Riqi Radian Khasani (2017) adalah bahwa analisis bekisting dilakukan membandingkan dari segi biaya dan waktu. Namun, penelitian ini membandingkan bekisting sistem PERI, semi-sistem, dan konvensional.

2.2.1 Syarat dan Ketentuan Pekerjaan Bekisting

Syarat dan ketentuan pekerjaan bekisting harus diperhatikan untuk memastikan keamanan, efisiensi, serta kualitas hasil pengecoran beton. Berikut adalah beberapa syarat dan ketentuan utama dalam pekerjaan bekisting:

1. Kekuatan dan Stabilitas

Bekisting harus mampu menahan beban beton segar, tekanan lateral, serta getaran selama proses pengecoran tanpa mengalami deformasi atau kegagalan struktur. Material bekisting harus memiliki daya dukung yang cukup dan tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan akibat beban atau lingkungan (SNI 03-1734-1989).

2. Ketepatan Dimensi dan Bentuk

Bekisting harus dibuat sesuai dengan spesifikasi gambar kerja, termasuk dimensi, bentuk, dan elevasi yang telah direncanakan. Harus dipastikan tidak ada kebocoran yang dapat menyebabkan kehilangan mortar semen dan mengurangi kualitas permukaan beton.

3. Kemudahan Pemasangan dan Pembongkaran

Sistem bekisting harus dirancang agar mudah dipasang dan dibongkar tanpa merusak beton yang telah mengeras. Pembongkaran harus dilakukan setelah beton mencapai kekuatan yang cukup untuk menopang dirinya sendiri (umumnya mengacu pada waktu setting yang telah ditentukan dalam standar, misalnya 7 hari untuk balok dan pelat, serta 28 hari untuk elemen struktural utama).

4. Penggunaan Bahan yang Sesuai

Material bekisting dapat berupa kayu, baja, aluminium, atau plastik, yang dipilih berdasarkan kebutuhan proyek dan efisiensi biaya. Jika menggunakan kayu, harus dipastikan bahwa kayu tidak menyerap air yang berlebihan sehingga tidak mengganggu hidrasi beton.

5. Permukaan Bekisting dan Perlakuan Khusus

Bekisting harus diberi pelapis (misalnya oli bekisting) agar beton tidak menempel dan mudah dibongkar. Permukaan bekisting harus rata dan halus untuk menghasilkan permukaan beton yang baik dan mengurangi pekerjaan finishing setelah pengecoran.

6. Keamanan dan Keselamatan Kerja

Bekisting harus dipasang dengan metode yang aman untuk menghindari kecelakaan kerja, termasuk pemasangan penyangga dan pengikat yang cukup kuat. Tenaga kerja yang menangani bekisting harus menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm, sarung tangan, dan sepatu pelindung.

7. Efisiensi dan Keberlanjutan

Pemilihan sistem bekisting harus mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya, seperti menggunakan bekisting pracetak atau sistem PERI yang dapat digunakan kembali. Material bekisting harus direncanakan agar seminimal mungkin menghasilkan limbah dan dapat digunakan kembali dalam proyek lain.

Syarat dan ketentuan ini umumnya diatur dalam standar konstruksi seperti SNI 03-1734-1989 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung serta referensi dari ACI (American Concrete Institute) dan Eurocode yang mengatur persyaratan bekisting dalam konstruksi beton bertulang.

2.2.2 Jenis dan Tipe Bekisting

Bekisting dibagi menjadi 3 tipe berikut ini :

1. Bekisting Konvensional

Bekisting konvensional adalah jenis bekisting yang dibuat secara manual di lokasi proyek menggunakan material seperti kayu, papan multipleks (plywood), atau kombinasi keduanya. Sistem ini banyak digunakan pada proyek konstruksi skala kecil hingga menengah karena fleksibilitasnya dalam menyesuaikan bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan struktur beton yang akan dicor.

Kelebihan Bekisting Konvensional

1. Fleksibel dan Mudah Dibentuk

- Dapat dibuat dengan berbagai bentuk dan ukuran sesuai desain struktur yang kompleks.
- Cocok untuk pekerjaan beton dengan bentuk tidak standar yang sulit menggunakan bekisting sistem.

2. Biaya Awal Lebih Murah

- Material kayu dan plywood lebih mudah didapat dengan harga lebih terjangkau dibanding bekisting baja atau aluminium.
- Cocok untuk proyek dengan anggaran terbatas.

3. Mudah dalam Pengerjaan

- Tidak memerlukan peralatan khusus untuk pemasangan dan pembongkaran.
- Dapat dikerjakan oleh tenaga kerja lokal tanpa pelatihan khusus.

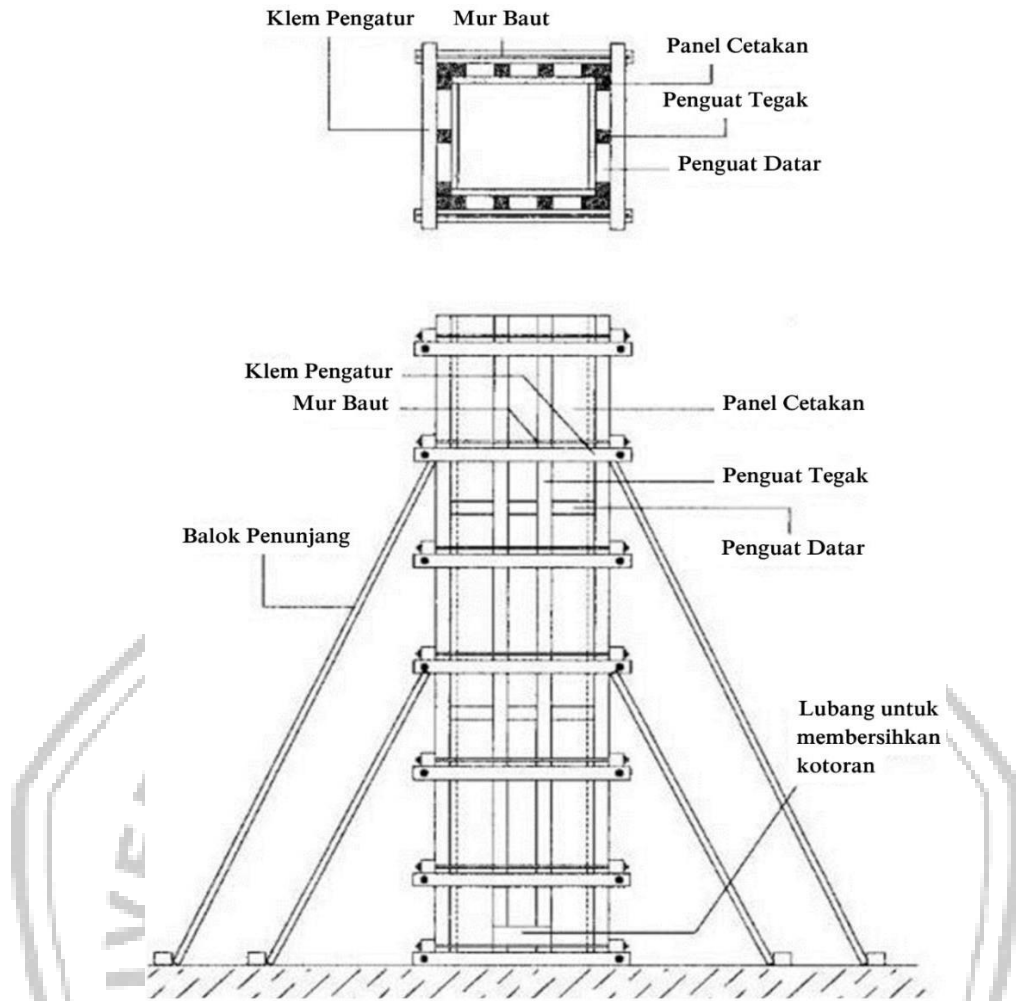
4. Cocok untuk Proyek Satu Kali Pakai

- Ideal untuk proyek kecil atau konstruksi yang tidak membutuhkan penggunaan bekisting berulang kali.

Kekurangan Bekisting Konvensional

1. Waktu Pemasangan dan Pembongkaran Lebih Lama

- Dibandingkan dengan bekisting sistem yang lebih praktis, bekisting konvensional membutuhkan waktu lebih lama untuk pemasangan dan pembongkaran.
2. Tingkat Akurasi dan Kualitas Permukaan Beton Kurang Baik
 - Jika tidak dirancang dengan baik, bekisting kayu dapat mengalami deformasi sehingga mempengaruhi hasil pengecoran.
 - Permukaan beton yang dihasilkan sering kali memerlukan perbaikan tambahan seperti plesteran.
 3. Tidak Tahan Lama dan Mudah Rusak
 - Material kayu rentan terhadap kelembaban dan bisa mengalami pembusukan atau pelapukan jika sering terkena air.
 - Plywood hanya dapat digunakan beberapa kali sebelum mengalami kerusakan.
 4. Limbah Material Tinggi
 - Kayu dan plywood yang sudah digunakan sering kali tidak bisa digunakan kembali dalam kondisi yang sama.
 - Menyebabkan pemborosan material dan biaya tambahan untuk penggantian bekisting baru.
 5. Kekuatan dan Stabilitas Terbatas
 - Tidak sekuat bekisting baja atau aluminium dalam menopang beban beton segar, terutama pada struktur tinggi.
 - Jika tidak dirancang dengan baik, dapat menyebabkan kebocoran beton atau bahkan kegagalan struktur sementara.



Gambar 2. 1 Bekisting Kolom Konvensional

2. Bekisting semi sistem (*Knock Down*)

Bekisting semi sistem adalah jenis bekisting yang merupakan kombinasi antara bekisting konvensional (menggunakan kayu atau plywood) dan bekisting sistem (menggunakan material modular seperti baja atau aluminium). Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi waktu dan kualitas pekerjaan dibandingkan bekisting konvensional, namun tetap lebih fleksibel dibandingkan bekisting sistem penuh.

Bekisting semi sistem biasanya terdiri dari rangka baja atau aluminium sebagai struktur utama, sementara permukaan bekisting masih menggunakan plywood atau material sejenis untuk menahan beton segar. Jenis ini banyak

digunakan pada proyek menengah yang membutuhkan keseimbangan antara efisiensi, fleksibilitas, dan biaya.

Kelebihan Bekisting Semi Sistem

1. Lebih Cepat Dibanding Bekisting Konvensional

- Proses pemasangan dan pembongkaran lebih cepat karena menggunakan rangka baja atau aluminium yang sudah memiliki modul standar.
- Mengurangi ketergantungan pada pekerjaan kayu manual yang memakan waktu lama.

2. Lebih Tahan Lama dan Dapat Digunakan Berulang Kali

- Rangka baja atau aluminium lebih awet dibanding kayu sehingga bisa digunakan untuk beberapa proyek.
- Plywood yang digunakan sebagai permukaan bekisting masih bisa diganti jika sudah tidak layak pakai.

3. Kualitas Beton Lebih Baik

- Mengurangi risiko deformasi atau bocornya beton segar seperti yang sering terjadi pada bekisting konvensional.
- Hasil permukaan beton lebih rapi dan minim retak.

4. Biaya Lebih Efisien dalam Jangka Panjang

- Walaupun investasi awal lebih tinggi dibanding bekisting konvensional, namun karena bisa digunakan berulang kali, bekisting semi sistem lebih hemat dalam proyek yang membutuhkan banyak pekerjaan bekisting.

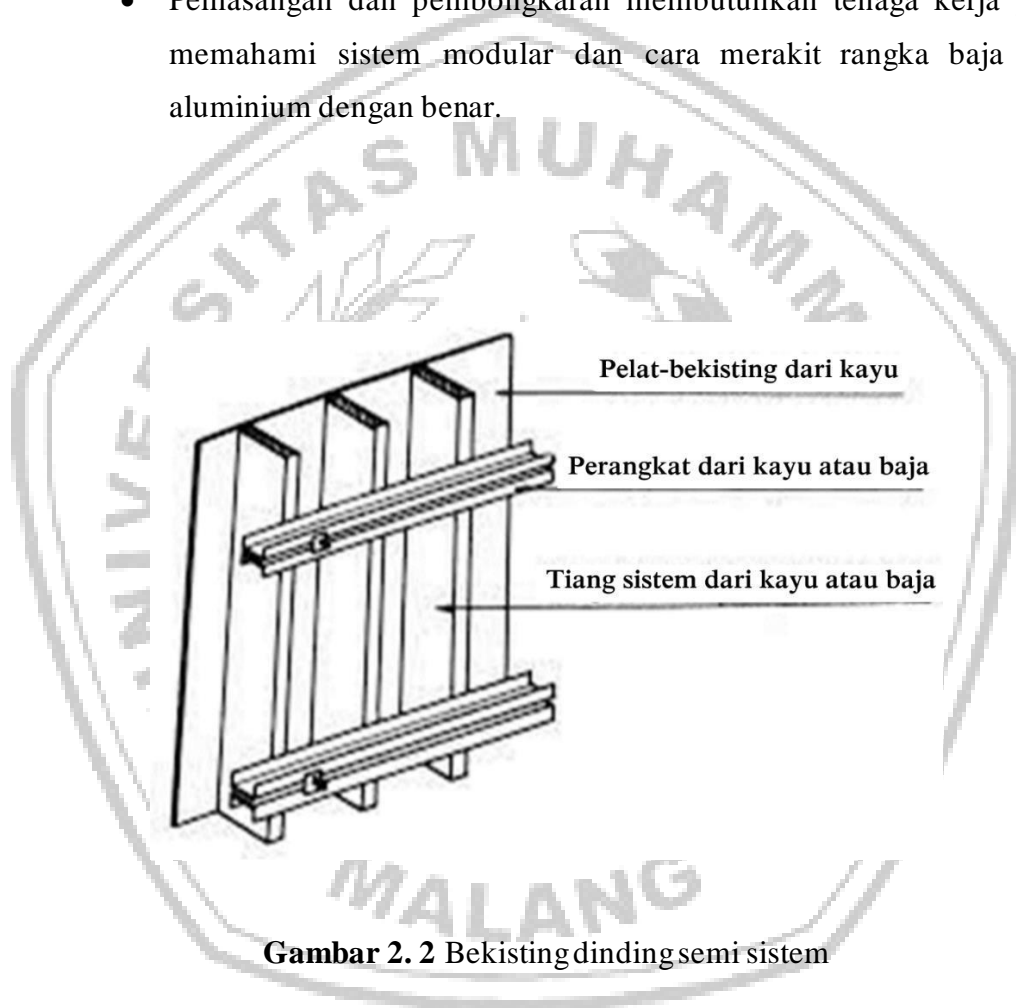
5. Lebih Fleksibel Dibanding Bekisting Sistem

- Dapat disesuaikan dengan berbagai bentuk dan ukuran struktur, tidak seperti bekisting sistem penuh yang memiliki ukuran modul standar yang kaku.

Kekurangan Bekisting Semi Sistem

1. Biaya Awal Lebih Mahal Dibanding Bekisting Konvensional

- Penggunaan rangka baja atau aluminium meningkatkan biaya awal dibanding bekisting kayu biasa.
2. Masih Memerlukan Plywood yang Harus Diganti Secara Berkala
 - Permukaan bekisting yang menggunakan plywood tetap memiliki keterbatasan usia pakai dan harus diganti setelah beberapa kali penggunaan.
 3. Memerlukan Tenaga Kerja yang Lebih Terampil
 - Pemasangan dan pembongkaran membutuhkan tenaga kerja yang memahami sistem modular dan cara merakit rangka baja atau aluminium dengan benar.



Gambar 2. 2 Bekisting dinding semi sistem

3. Bekisting sistem (PERI)

Bekisting sistem PERI adalah jenis bekisting modern yang menggunakan panel modular dari baja, aluminium, atau komposit dengan permukaan plywood khusus. Sistem ini dikembangkan oleh PERI GmbH, sebuah perusahaan Jerman yang terkenal dalam teknologi bekisting dan perancah. Bekisting PERI dirancang

untuk meningkatkan efisiensi dalam pekerjaan konstruksi, terutama pada proyek skala besar seperti gedung bertingkat, jembatan, terowongan, dan bendungan.

Sistem PERI terdiri dari berbagai tipe bekisting, seperti PERI TRIO (untuk dinding), PERI SKYDECK (untuk lantai), dan PERI VARIO (untuk proyek kompleks). Sistem ini memungkinkan pemasangan dan pembongkaran lebih cepat dibandingkan bekisting konvensional atau semi sistem.

Bekisting sistem PERI sangat cocok hampir di semua bagian bangunan.

a. Untuk Kolom

- PERI punya sistem bekisting khusus untuk kolom seperti PERI QUATTRO dan VARIO.
- Bisa membuat kolom persegi, persegi panjang, bahkan kolom bundar.
- Hasil permukaan beton halus dan presisi.

b. Untuk Balok

- PERI menyediakan sistem balok seperti GT 24, VT 20K, dan sistem VARIO yang bisa disesuaikan tinggi dan panjangnya.
- Sangat cocok untuk balok panjang atau bentang lebar.

c. Untuk Pelat

- PERI punya sistem pelat seperti SKYDECK dan MULTIFLEX, yang efisien dan aman.
- Mengurangi jumlah tiang penyangga, sehingga mempercepat pekerjaan di bawah pelat.

Bekisting PERI sangat sesuai untuk semua elemen struktur utama: kolom, balok, dan pelat. Bisa dibilang ini salah satu sistem terbaik di dunia untuk efisiensi dan kualitas hasil pengecoran.

Kelebihan Bekisting Sistem PERI

1. Efisiensi Waktu dan Tenaga Kerja

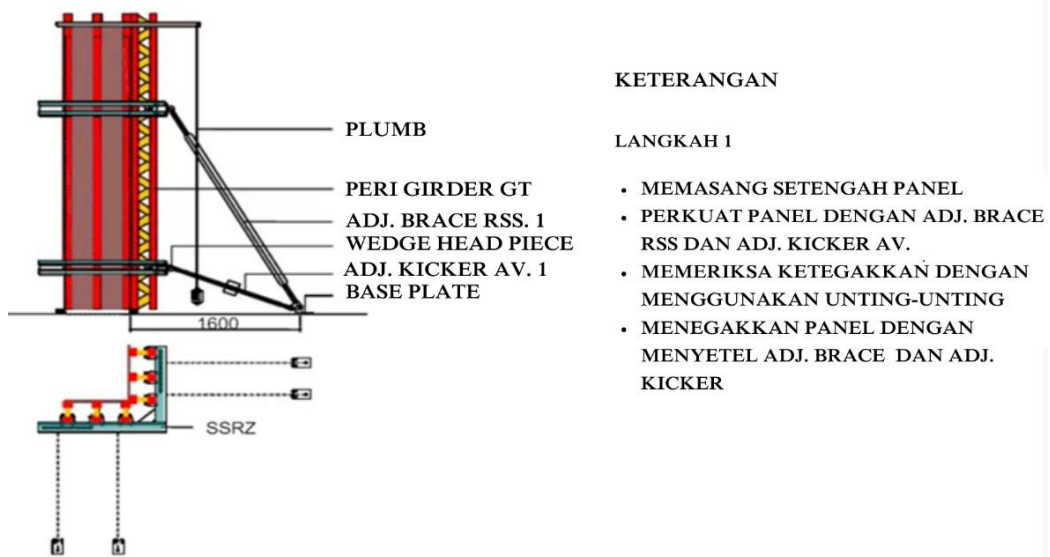
- Pemasangan dan pembongkaran lebih cepat karena menggunakan sistem modular yang mudah dirakit.
- Mengurangi kebutuhan tenaga kerja dibanding bekisting konvensional.

2. Dapat Digunakan Berulang Kali

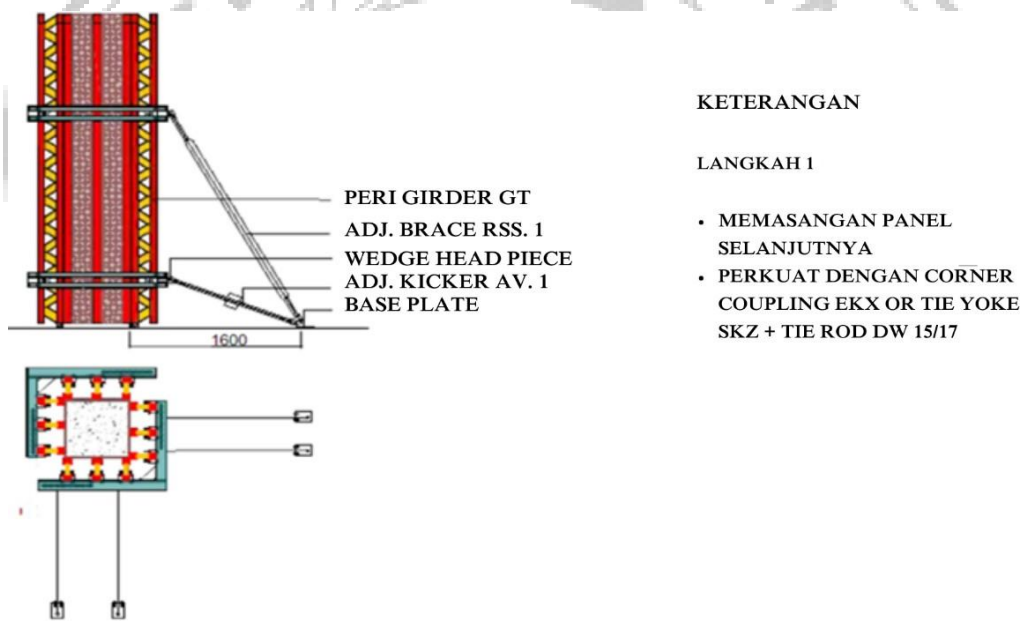
- Terbuat dari material berkualitas tinggi sehingga memiliki umur pakai yang panjang.
 - Lebih ekonomis dalam proyek jangka panjang dibandingkan bekisting kayu atau semi sistem.
3. Kualitas Beton Lebih Baik
 - Permukaan bekisting yang presisi menghasilkan beton dengan permukaan lebih halus dan rapi.
 - Mengurangi kebutuhan finishing seperti plesteran atau acian.
 4. Keamanan Lebih Terjamin
 - Dilengkapi dengan sistem pengunci dan perancah yang stabil, mengurangi risiko kegagalan bekisting atau kecelakaan kerja.
 5. Dapat Digunakan untuk Struktur Kompleks
 - Cocok untuk proyek dengan desain rumit, seperti lengkungan, kolom khusus, dan terowongan.
 - Fleksibel untuk berbagai ukuran dan bentuk struktur beton.

Kekurangan Bekisting Sistem PERI

1. Biaya Awal yang Tinggi
 - Harga sistem PERI lebih mahal dibanding bekisting konvensional atau semi sistem.
 - Membutuhkan investasi besar untuk pembelian atau penyewaan sistem ini.
2. Memerlukan Tenaga Kerja Terlatih
 - Pemasangan sistem PERI memerlukan tenaga kerja yang memahami metode pemasangan dan pembongkarannya.
 - Butuh pelatihan khusus sebelum digunakan dalam proyek konstruksi.
3. Kurang Fleksibel untuk Proyek Kecil
 - Lebih cocok untuk proyek skala besar dan penggunaan berulang.
 - Tidak ekonomis jika hanya digunakan sekali untuk proyek kecil.



Gambar 2. 3 Bekisting kolom sistem PERI



Gambar 2. 4 Bekisting kolom sistem PERI

2.2.3 Pembiayaan Bekisting

Sangat penting bagi insinyur struktur untuk menyediakan bekisting yang ekonomis, bukan hanya material beton, mengingat bagaimana harga pekerjaan bekisting memengaruhi biaya keseluruhan. Edward Gnawy (1997:1) Konstruksi bekisting yang ekonomis harus mempertimbangkan beberapa faktor penting:

1. Pemilihan Material – Gunakan material yang seimbang antara biaya dan daya tahan, seperti kayu untuk proyek kecil atau baja/aluminium untuk penggunaan berulang.
2. Desain Efisien – Rancang bekisting modular agar mudah dirakit dan dibongkar, serta minimalkan limbah material.
3. Metode Pemasangan & Pembongkaran – Pilih metode yang mempercepat proses kerja, seperti sistem bekisting pracetak atau PERI.
4. Efisiensi Tenaga Kerja – Gunakan pekerja terampil dan sistem bekisting modern untuk mengurangi jumlah tenaga kerja.
5. Durabilitas & Penggunaan Ulang – Pilih bekisting yang bisa dipakai berkali-kali dan lakukan perawatan rutin untuk memperpanjang umur pakainya.

Untuk memaksimalkan nilai ekonomis dari material, bekisting digunakan berulang kali, menurut James M Antil dan Paul W.S Ryan (1982: 213). Untuk memaksimalkan keuntungan tanpa mengeluarkan banyak biaya perbaikan, panel bekisting harus dirancang agar mudah dipasang dan dibongkar. Mengestimasi biaya bekisting adalah tugas yang paling sulit. Para estimator harus mempertimbangkan komponen yang mempengaruhi dan berhubungan dengan menghitung pembiayaan pekerjaan serta mencapai efisiensi. Ini termasuk :

1. Jenis metode yang digunakan: Ini mengacu pada jenis material, alat bantu, dan penyangga perkuatan yang akan digunakan, serta jenis penyewaan atau pembelian.).
2. Pemilihan tenaga kerja: keterampilan dan harga upah dipertimbangkan.
3. Metode pabrikan, pemasangan, perkuatan, pembongkaran, dan pemindahan.

Edward Gnawy (1997: 3) mengatakan bahwa untuk mengetahui biaya konstruksi pekerjaan bekisting, Anda harus menjumlahkan jumlah material kayu yang diperlukan untuk membuat 1 meter persegi area kontak dan sisa potongan material, lalu dikalikan dengan harga satuan kayu. Selain itu, waktu yang diperlukan untuk membangun dan membongkar bekisting setiap siklus harus diperhitungkan.

1. Biaya Material untuk Bekisting Konvensional

Biaya material untuk bekisting konvensional dapat dihitung dengan menggunakan nilai pengalaman, yang menunjukkan penurunan nilai setiap kali digunakan. (F Wigbout 1997: 234) Penurunan nilai ini tidak hanya bersifat kuantitatif tetapi juga kualitatif. Perhitungan sering dilakukan dengan cara ini tergantung pada jenis beton yang akan digunakan dan seringnya penggunaan ulang yang diharapkan :

- Kayu balok dapat digunakan 6 hingga 12 kali
- Kayu papan dapat digunakan 3 hingga 5 kali

Semua bagian bekisting dihitung kembali dalam ketebalan milimeter per meter persegi untuk bekisting konvensional dengan balok-balok yang terbuat dari kayu balok dan papan dan ditopang oleh stempel baja. Bekisting ini dibuat dengan ketebalan kayu sekitar 80 milimeter, diikuti oleh penjepit, pengokoh, dan sekur. Kayu papan dan balok berukuran 35 mm dan 45 mm.

2. Biaya Material untuk Bekisting Setengah Sistem

Bekisting lantai yang digunakan berulang kali, seperti meja 20–40 meter persegi atau dinding 15–35 meter persegi, memerlukan bekisting setengah sistem. Dalam hal ini, penopang baja dapat disewa.

2.2.4 Perbandingan Biaya Material dari Ketiga Tipe Bekisting

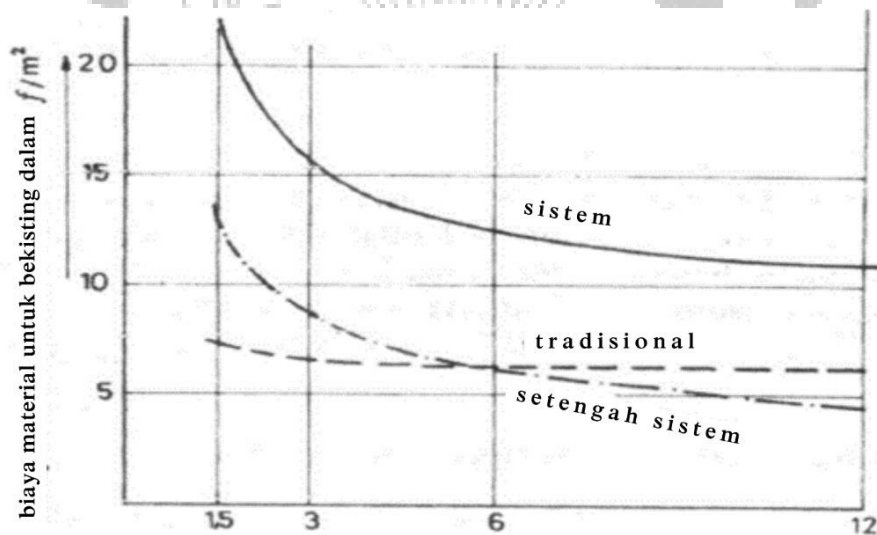
Laju biaya bekisting konvensional, bekisting setengah sistem, dan bekisting sistem berbeda satu sama lain tergantung pada satuan apa yang akan digunakan dalam proyek.

Perbandingan Biaya Material dari Ketiga Tipe Bekisting

1. Bekisting Konvensional (Kayu & Plywood)
 - a. Biaya Awal: Murah, karena menggunakan material lokal seperti kayu dan plywood.
 - b. Biaya Pemeliharaan: Tinggi, karena material mudah rusak dan hanya bisa digunakan beberapa kali.
 - c. Total Biaya dalam Jangka Panjang: Mahal, karena perlu sering mengganti material yang rusak.
2. Bekisting Semi Sistem (Rangka Baja/Aluminium + Plywood)

- a. Biaya Awal: Sedang, karena menggunakan kombinasi baja/aluminium sebagai rangka dan plywood sebagai permukaan cetakan.
 - b. Biaya Pemeliharaan: Menengah, karena hanya perlu mengganti plywood jika rusak, sementara rangka bisa digunakan berkali-kali.
 - c. Total Biaya dalam Jangka Panjang: Lebih ekonomis dibanding konvensional, terutama untuk proyek berulang.
3. Bekisting Sistem (PERI, Doka, dll.)
- a. Biaya Awal: Mahal, karena menggunakan material berkualitas tinggi seperti baja dan aluminium dengan sistem modular.
 - b. Biaya Pemeliharaan: Rendah, karena material lebih tahan lama dan bisa digunakan dalam banyak proyek.
 - c. Total Biaya dalam Jangka Panjang: Paling ekonomis, terutama untuk proyek besar dan penggunaan berulang.

Grafik perbandingan tersebut adalah :



banyaknya yang harus diberi bekisting pada satu obyek x 1000 m²

Gambar 2.5 Biaya materiil untuk bekisting lantai yang rata/m²

(F. Wigbout, 1997 hal 238)

Biaya material untuk bekisting yang berbeda, yang dipengaruhi oleh teknik yang digunakan dan jumlah kali digunakan, ditunjukkan dalam grafik perbandingan. Untuk pekerjaan struktur yang sederhana dengan bentuk struktur yang relatif sama (tipikal), dua pendekatan dapat diambil sebagai acuan:

- a. Metode konvensional adalah metode yang paling ekonomis;
- b. Metode setengah sistem adalah yang paling ekonomis jika banyaknya lebih dari 6000 m².
- c. Bekisting sistem selalu akan menjadi opsi yang paling mahal.

2.2.5 Biaya Langsung untuk Bekisting

Biaya langsung untuk bekisting terdiri dari :

- a. Biaya material
- b. Ongkos kerja
- c. Biaya perencanaan.

2.3 Material Penyusun Bekisting

Material yang umumnya digunakan dalam pekerjaan bekisting konvensional adalah sebagai berikut :

2.3.1 Kayu

Dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI), jenis kayu dibagi menjadi 5 (lima) kelas berdasarkan berat jenis dan kekuatan tekan mutlak.

Table 2. 2 Klasifikasi kayu di Indonesia

No	Kelas kuat	Berat jenis kering udara (gr/cm ³)	Kuat lentur mutlak (kg/cm ²)	Kuat tekan mutlak (kg/cm ²)
1	I	>0,9	>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 – 0,30	500 – 360	300 - 215
5	V	< 0,30	< 360	< 215

Sumber: PPKI Tahun 1961

Untuk digunakan sebagai bagian dari konstruksi, kayu memiliki banyak manfaat.

- Kekuatan yang besar pada massa volumik yang kecil,
- Harganya relatif murah dan dapat diperoleh dengan mudah
- Mudah dikerjakan dan alat sambungnya sederhana, dan isolasi termis yang sangat baik.

- Selain itu, kayu dapat dengan baik menerima tumbukan, getaran, dan penangan kasar di lokasi konstruksi.

Untuk analisis perencanaan bekisting ini yang ditinjau, perhitungan kekuatan kayu akan dilakukan berdasarkan metrik tegangan-tegangan ijin dan modulus elastisitas material kayu yang akan digunakan..

Table 2. 3 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	-

Sumber: PPKI Tahun 1961

2.3.2 Multiplek

Triplek terdiri dari berbagai lapisan kayu yang lebih tipis yang direkatkan satu di atas yang lain. Pada umumnya, lapisan finer dikupas dari sebatang kayu bulat. Permukaan finer yang ditusuk memiliki retakan kecil. Setiap lapisan finer tidak harus sama tebal dan dari jenis kayu yang sama; ketebalan mungkin berkisar antara 1,5 hingga 2,5 hingga 3 mm.

Untuk digunakan sebagai material kontak, lapisan terluar dari triplek ini harus terbuat dari kayu dengan kualitas yang lebih tinggi daripada lapisan di dalamnya, karena itu akan lebih lama bertahan dan tidak rusak.

2.3.3 Material Penopang (Perancah) dan Pemikul

Tuntutan utama sistem **penopang bekisting** adalah:

1. Kuat & Stabil – Menahan beban beton, pekerja, dan alat tanpa deformasi.
2. Tahan Beban – Mampu menopang beban mati dan hidup selama pengecoran.
3. Mudah Dipasang & Dibongkar – Efisien tanpa merusak beton.
4. Presisi & Akurat – Menjaga dimensi sesuai desain.

5. Aman – Stabil dan tidak membahayakan pekerja.
6. Efisien – Menggunakan material ekonomis tetapi tahan lama.
7. Dapat Digunakan Ulang – Menghemat biaya proyek dalam jangka panjang.

Penopang yang memenuhi syarat ini memastikan bekisting bekerja optimal dan hasil beton berkualitas.

Penopang dapat dibagi dalam beberapa kelompok utama, antarlain yaitu:

1. Stempel kayu (penopang dari kayu)

Stempel, yang dibuat dari kayu gergajian, kayu bulat, dan kayu yang diberi kekuatan, telah digunakan sejak lama untuk menopang bekisting. Namun, penggunaannya semakin berkurangan dalam beberapa tahun terakhir. Karena munculnya berbagai macam material yang tidak memerlukan banyak perawatan tetapi memiliki kemungkinan penyetakan yang sangat luas.

2. Stempel baja

Stempel baja masih menarik untuk digunakan sebagai penopang untuk beban yang lebih besar. Namun, harganya cukup mahal. Namun, bahan yang digunakan untuk stempel ini dalam bentuk profil. Pemikul dibuat dengan menggabungkan penyangga dan balok atas baja.

3. Steger pipa dari baja

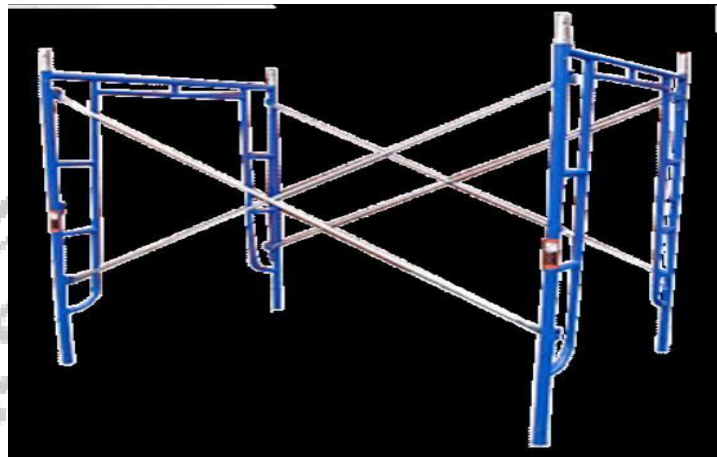
Komponen steger pipa baja terdiri dari bagian kecil yang dapat dengan mudah dihubungkan satu sama lain dengan perangkai. Pipa steger memerlukan pipa las tumpul dengan ketebalan 3,6 kg/m dan garis tengah 48,3 mm. Pipa steger dapat dibuat dalam panjang 1, 1,5, 2, 3,4, dan 6 m, dengan beban yang diizinkan untuk satu tiang antara 5 dan 40 kN. Meskipun membuat penopang pipa steger membutuhkan banyak pekerjaan, material ini mungkin sangat menarik untuk bekisting. karena steger pipa memungkinkan konstruksi yang paling kompleks dirancang.

4. Steger sistem dari baja

Steger sistem ini memiliki kelebihan dibandingkan steger pipa yang terbuat dari baja, seperti berikut:

- Tidak begitu banyak memerlukan pengerjaan.
- Tidak memerlukan tenaga ahli.
- Komponennya lebih sedikit.
- Menara-menara yang dibangun sudah mempunyai stabilitas sendiri.

Steger-steger sistem dapat dibangun dengan cepat dan dapat dirangkai dalam arah ketinggiannya. Mereka juga dapat dibangun melalui penumpukan kuda-kuda dengan dua tiang atau menara dengan tiga atau empat tiang.

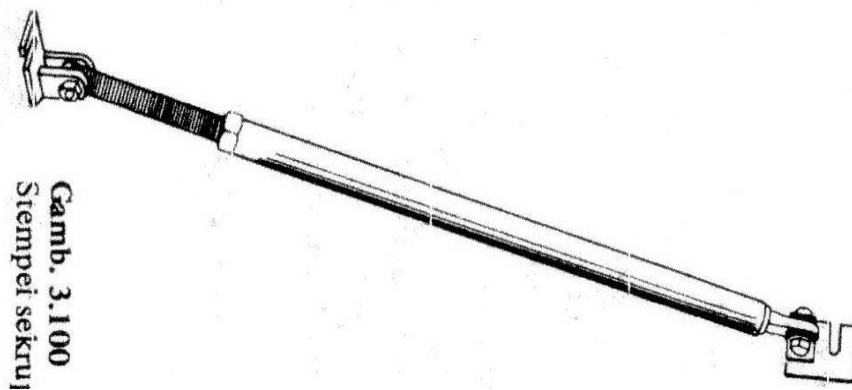


Gambar 2. 6 Contoh pembangunan sebuah steger sistem

Menara memiliki penampang segitiga, segiempat, atau persegi panjang dengan beban 50-100 kN, tergantung pada sistem dan pemendekan tekukan yang digunakan. Kuda-kuda dan menara disambung dengan alat sambung sistem khusus untuk mempersingkat waktu pemasangan..

5. Stempel Sekrup

Segel sekrup ini digunakan untuk beban yang relatif ringan dan memiliki daya dukung 5-20 kN. Bagian bawah memiliki pelat kaki dan lubang paku, sedangkan bagian atas memiliki fitur garpu yang dapat menahan satu atau dua balok. Selain itu, ada segel khusus yang dapat mentolerir tekanan tekan dan tarik berkat pelat kaki dan pelat atasnya yang berputar.



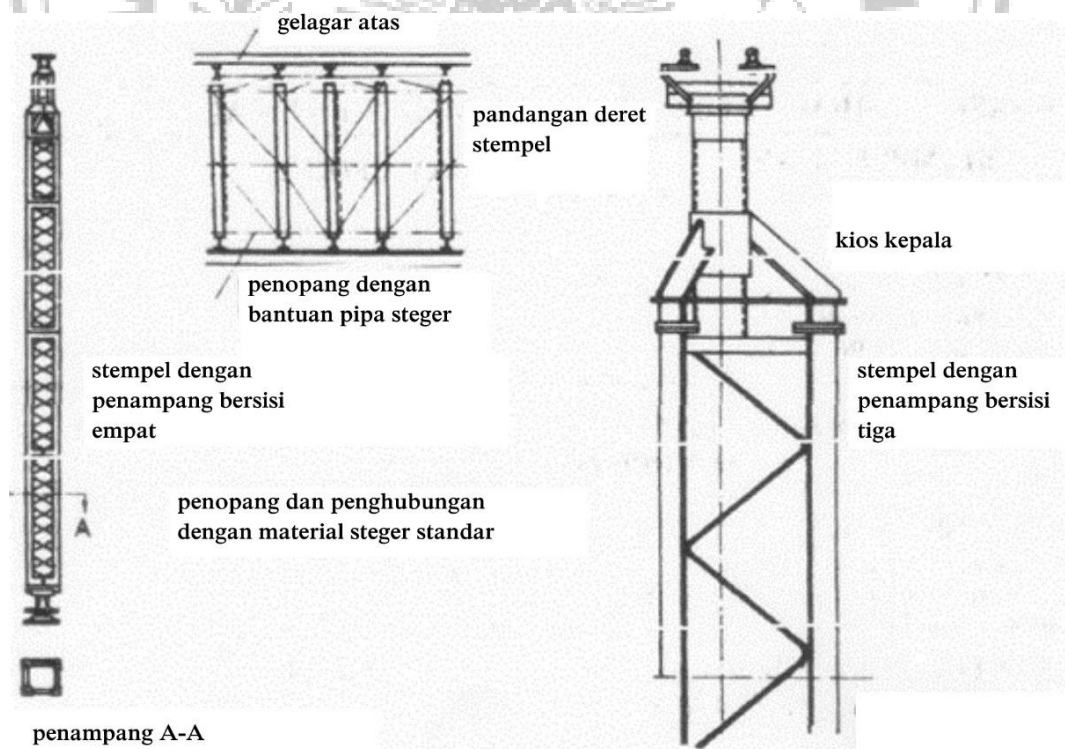
Gamb. 3.100
Stempel sekrup

Gambar 2.7 Stempel sekrup yang dapat disetel

(F. Wigbout, 1997 hal 86)

6. Stempel Konstruksi

Digunakan untuk beban yang sangat berat. Stempel konstruksi terdiri dari beberapa elemen standar dengan panjang yang berbeda yang dipasang satu sama lain dengan pasak atau baut. Kaki dan kepala yang dapat diatur mengatur ketinggian. Jenis stempel ini memiliki daya dukung 140–350kN.



Gambar 2.8 Berbagai tipe stempel konstruksi

(F. Wigbout, 1997 hal 87)

Material pemikul pada bekisting adalah bahan yang digunakan untuk menahan beban beton segar hingga mengeras dan mencapai kekuatan yang cukup. Material ini harus memiliki kekuatan tinggi, stabilitas, serta daya tahan terhadap tekanan dan beban kerja. Kayu merupakan material yang sering digunakan dalam bekisting konvensional karena mudah dibentuk dan harganya relatif murah, meskipun kurang tahan lama dan hanya dapat digunakan beberapa kali. Baja banyak digunakan pada bekisting sistem dan semi sistem karena memiliki daya dukung tinggi serta umur pakai yang lebih panjang dibandingkan kayu. Selain itu, aluminium menjadi alternatif yang lebih ringan dibanding baja, sehingga mempermudah proses pemasangan dan pembongkaran bekisting. Dalam beberapa kasus, beton pracetak juga digunakan sebagai bekisting permanen yang berfungsi sekaligus sebagai elemen struktural, menghemat waktu dan biaya konstruksi. Sementara itu, plastik atau komposit semakin populer karena tahan air, tidak mudah korosi, dan cocok untuk proyek yang membutuhkan penggunaan bekisting berulang. Pemilihan material pemikul sangat bergantung pada jenis proyek, efisiensi biaya, serta kemudahan dalam pemasangan dan pemeliharaan. Pemikul bekisting dibagi menjadi 2 (dua) berdasarkan konstruksinya, yaitu :

1. Pemikul Langsung

Pemikul langsung adalah elemen yang menerima beban beton segar secara langsung dan menyalurkannya ke struktur pendukung di bawahnya. Contoh pemikul langsung pada bekisting meliputi:

- Papan Bekisting (Form Face) – Bagian permukaan bekisting yang langsung bersentuhan dengan beton segar.
- Balok Penyangga (Joist/Runner) – Struktur horizontal yang menopang papan bekisting dan mendistribusikan beban ke rangka di bawahnya.

2. Pemikul Tidak Langsung

Pemikul tidak langsung adalah elemen yang berfungsi sebagai penopang bagi pemikul langsung, menyalurkan beban lebih lanjut ke tanah atau struktur lainnya. Contoh pemikul tidak langsung meliputi:

- Gording (Stringer) – Balok utama yang mendukung balok penyangga dan menyalurkan beban ke tiang atau perancah.
- Tiang Penyangga (Props/Shoring) – Struktur vertikal yang menahan beban dari bekisting dan menyalurkannya ke tanah atau lantai di bawahnya.
- Perancah (Scaffolding) – Digunakan untuk menopang bekisting pada konstruksi dengan ketinggian tertentu, seperti bekisting lantai atau balok tinggi.

Pembagian ini penting dalam memastikan keseimbangan beban agar bekisting tetap stabil, aman, dan mampu menahan tekanan beton segar tanpa mengalami kegagalan struktur.

2.3.4 Pelat Baja

Plat baja dibuat dengan peleburan bijih besi dalam tungku sembur yang terbuat dari material yang tahan api. Jenis plat ini lebih tahan korosi dan lebih panjang dan lebar daripada jenis plat besi lainnya. Menurut bentuknya, material ini terdiri dari dua jenis: plat lembaran atau gulungan panas (hot rolled) dan plat gulungan (cold rolled). Beberapa jenis pelat baja umum yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pelat baja jenis strip

Plat strip ini berbeda dengan jenis plat lainnya karena material baja ini dapat dibengkokkan dengan las dengan mudah, yang membuatnya populer di kalangan pengguna. Berikut beberapa kegunaan plat strip:

- Pembuatan teralis jendela
- Pembuatan pagar

2. Pelat baja jenis border

Berdasarkan bentuk permukaannya, plat bordes adalah salah satu jenis plat baja dengan tekstur permukaan bermotif. Plat dengan tekstur permukaan yang mirip dengan plat kembang memiliki keunggulan. Salah satu keunggulan motif yang timbul pada permukaan plat adalah bahwa mereka mengurangi kemungkinan jatuh atau terpeleset karena permukaannya yang licin, terutama di lingkungan yang

basah. Jenis plat ini banyak digunakan untuk hal-hal berikut karena keunggulannya

:

- Lantai bangunan
- Anak tangga

2.3.4 Besi Hollow

Dalam berbagai proyek konstruksi, besi hollow biasanya digunakan untuk membuat struktur rangkaian seperti balok, kolom, tiang, dan sebagainya. Bagian rongga dapat mengurangi bobot besi hollow sambil mempertahankan kekuatan struktural.

Hollow steel adalah salah satu jenis barang jadi baja ringan partisi (partitioning) yang ditemukan di BLKP. Itu dibuat melalui proses tekuk plat besi yang kemudian dilas untuk menyambungkan bagian-bagiannya. Tipe besi hollow berikut dan spesifikasinya :

1. Besi Hollow Hitam

Permukaannya berwarna hitam keabu-abuan dan terbuat dari plat berwarna hitam yang terbuat dari baja canai panas, juga dikenal sebagai besi hollow hitam.

2. Besi Hollow galvanis

Besi hollow galvanis adalah jenis yang paling populer karena terbuat dari plat baja galvanis yang tahan terhadap korosi. Biasanya terdiri dari material canai panas (hot-rolled steel) atau canai dingin (cold-rolled chill) yang dilapisi galvanis.

3. Besi Hollow Galvalum

Tidak jauh berbeda dengan besi hollow galvanis, besi hollow galvalume memiliki lapisan luar yang sama, tetapi kandungannya berbeda. Lapisan galvalume mengandung 1,6% silikon, 43,4% zinc, dan 55% aluminium, tetapi motif kristalnya lebih kecil dan tertutup dibandingkan dengan galvanis.

4. Besi Hollow Gypsum

Banyak orang menggunakan besi hollow gypsum sebagai pengganti kayu untuk rangka plafon di rumah dan gedung karena kuat, ringan, tahan lama, dan

tahan rayap. Besi hollow gypsum dilapisi dengan cat merah atau hijau karena terbuat dari besi dengan lapisan baja tahan karat dan pigmen zinc anti karat. Ukuran mulai 0,3 mm hingga 0,4 mm.

2.4 Perhitungan Perkuatan Pemikul Bekisting dan Perancah

Perhitungan beban yang diterima bekisting meliputi :

1. Beban beton bertulang

Didalam penggunaan yang umum di Indonesia. dalam hal ini sesuai dengan peraturan yang berlaku, berat beton bertulang 2,4 ton/m³. (PPIUG, 1983 : 11)

2. Beban oleh bekisting

Berat bekisting yang terdiri dari multiplex sebagai bekisting kontak dikalikan dengan luas penampangnya. Penghitungan ini juga berlaku untuk balok anak, balok melintang, dan perancah. Praktek menunjukkan bahwa, untuk perhitungan, pembebanan pada awal beton dituang sering terjadi hanya di satu lapangan. R. Segel dan rekan, 1994: 54)

3. Beban kerja

Dengan muatan merata sebesar 150 kg/m², beban kerja mencakup beban pekerja, peralatan, dan alat angkut beton. Menurut F. Wigbout Ing. (1992: 54)