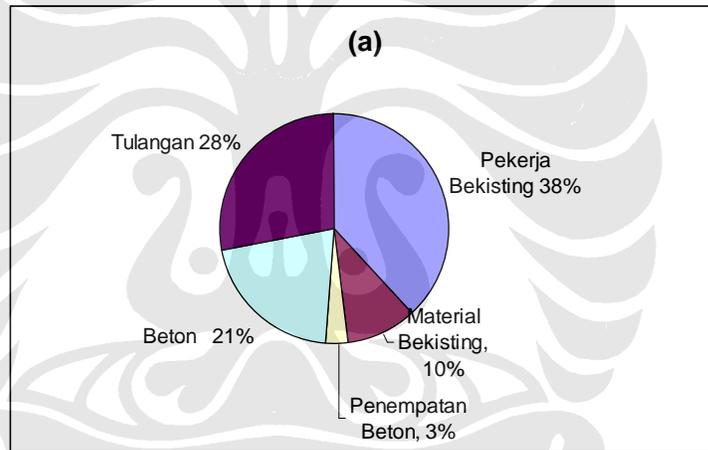


BAB II

LANDASAN TEORI

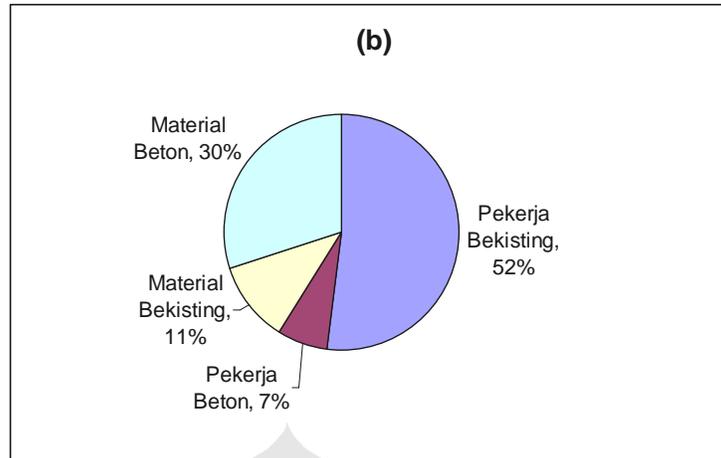
2.1 EKONOMI BEKISTING

Bekisting merupakan komponen biaya terbesar dalam pekerjaan struktur bertingkat yang tipikal. Biaya bekisting berkisar 40 s/d 60 persen dari total biaya beton dan untuk perkiraan 10 persen dari total biaya konstruksi. Gambar 2.1 memberikan kategori perbedaan biaya untuk bekisting konvensional dinding dan Gambar 2.2 untuk lantai. Proporsi biaya yang besar dari bekisting konvensional relatif terhadap biaya upah bekisting. Pengurangan biaya yang signifikan dapat dicapai dengan pengurangan biaya upah.¹



Gambar 2.1 Proporsi biaya bekisting konvensional dinding

¹ Awad s Hanna. (*Concrete Formwork System*). University of Wisconsin :Marcel Dekker, Inc 1999 : hal 1



Gambar 2.2 Proporsi biaya bekisting konvensional lantai

2.2 DASAR PERENCANAAN BEKISTING

Perencanaan sebuah sistem serta metode kerja bekisting menjadi sepenuhnya tanggung jawab dari pihak pemborong kerja. Sehingga segala resiko dalam pekerjaan tersebut sudah pasti menjadi hal yang harus ditekan serendah mungkin. Tentunya hal ini dapat dilakukan dengan perencanaan yang sematang mungkin dengan memperhatikan segala faktor yang menjadi pendukung atau yang malah menjadi kendala dalam pelaksanaan nantinya². Pada pokoknya sebuah konstruksi bekisting menjalani tiga fungsi :³

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

Dalam menentukan sistem serta metode kerja yang akan dipakai, dari beberapa alternatif yang ada pasti terlebih dahulu dilihat kelemahan dan keunggulan dari pada masing-masing metode. Dalam kenyataan di lapangan,

² F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 3

³ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 107

faktor pengambilan keputusan mengenai penentuan metode ini tergantung juga dari pengalaman dan jam terbang dari si pemborong kerja tersebut.

Ada 3 tujuan penting yang harus dipertimbangkan dalam membangun dan merancang bekisting, yaitu :⁴

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 / 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 skedul demi keuntungan kontraktor dan owner (pemilik).

Ada beberapa beberapa faktor yang menjadi pertimbangan untuk mengambil suatu keputusan mengenai metode bekisting yang akan dipakai yaitu⁵:

- a) Kondisi struktur yang akan dikerjakan

Hal ini menjadi pertimbangan utama sebab sistem perkuatan bekisting menjadi komponen utama keberhasilan untuk menghasilkan kualitas dimensi struktur seperti yang direncanakan dalam bestek. Metode bekisting yang diterapkan pada bangunan dengan dimensi struktur besar tentu tidak akan efisien bila diterapkan pada dimensi struktur kecil.

- b) Luasan bangunan yang akan dipakai

Pekerjaan bekisting merupakan pekerjaan yang materialnya bersifat pakai ulang (memiliki siklus perpindahan material). Oleh karena itu, luas bangunan ini menjadi salah satu pertimbangan utama untuk penentuan n x siklus pemakaian material bekisting. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya pengajuan harga satuan pekerjaan.

⁴ Dr. Edward G Nawy, P. E, C. Eng. *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press Bocaraton : New York. 1997 : hal 7 – 1.

⁵ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal

c) Ketersediaan material dan alat

Faktor lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah kemudahan atau kesulitan untuk memperoleh material atau alat bantu dari sistem bekisting yang akan diterapkan.

Selain faktor-faktor tersebut masih banyak pertimbangan lain termasuk waktu pengerjaan proyek (*work-time schedule*), harga material, tingkat upah pekerja, sarana transportasi dan lain sebagainya. Setelah melakukan pertimbangan secara matang terhadap faktor-faktor tersebut maka diambillah keputusan mengenai metode bekisting yang akan diterapkan.

Pada pekerjaan konstruksi bekisting menjalankan 5 fungsi yaitu⁶ :

- a. Bekisting menentukan bentuk dari konstruksi beton yang akan dibuat. Bentuk sederhana dari sebuah konstruksi beton menghendaki sebuah bekisting yang sederhana.
- b. 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 tersebut.
- c. Bekisting harus dapat dengan cara sederhana dipasang, dilepaskan dan dipindahkan.
- d. Mencegah hilangnya basahan dari beton yang masih baru.
- e. Memberikan isolasi termis.

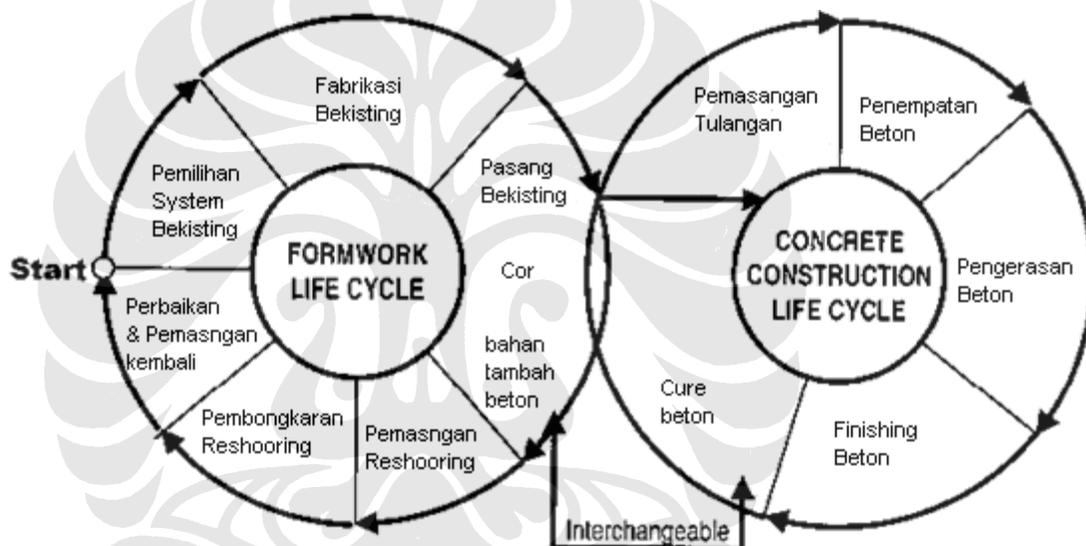
2.3 SIKLUS PEKERJAAN BEKISTING

Pelaksanaan bekisting merupakan bagian terintegrasi dari suatu proses konstruksi beberapa terminologi digunakan dalam pekerjaan beton dan bekisting. Proses penyediaan bekisting dan beton merupakan integrasi yang mutlak dibutuhkan. Siklus pada bagian kiri pada Gambar 2.3. menggambarkan siklus dari pekerjaan bekisting. Sedangkan yang bagian kanan menggambarkan siklus

⁶ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 107

pekerjaan beton. 2 *intersection* menggambarkan awal dan akhir dari siklus pekerjaan beton⁷.

Siklus bekisting dimulai dengan pemilihan metode bekisting. Aktifitas siklus bekisting ini digambarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut : (1). Fabrikasi bekisting, (2). Pemasangan, (3). Pembongkaran. Sedangkan siklus pekerjaan beton dimulai setelah fabrikasi bekisting dan selesai sebelum pembongkaran bekisting. Fungsi dari siklus pekerjaan bekisting untuk menyediakan kebutuhan struktur untuk bentuk dan ukuran yang berbeda. Sedangkan fungsi dari siklus pekerjaan beton untuk menyediakan kebutuhan struktur akan kekuatan, durabilitas dan bentuk permukaan.



Gambar 2.3. Integrasi antara siklus pekerjaan bekisting dengan pekerjaan beton

Deskripsi dari masing-masing langkah dari kedua siklus beton dan bekisting diberikan sebagai berikut :

2.3.1 Pemilihan Metode Bekisting

Pemilihan sistem bekisting termasuk proses pemilihan sistem untuk elemen struktur yang berbeda. Itu juga termasuk pemilihan aksesoris, bracing dan ketersediaan komponen untuk sistem bekisting tersebut. Ada beberapa bentuk sistem yang dipakai dalam konstruksi struktur beton bertulang. Sebagai contoh, sistem bekisting untuk pelat lantai dapat

⁷ Awad S Hanna. *Concrete Formwork System*. Madison : University of Wisconsin. 1998 : hal 17

diklasifikasikan sebagai sistem konvensional atau buatan tangan dan sistem yang dikerjakan dengan bantuan alat angkat atau *crane*. Sistem konvensional masih merupakan sistem yang biasa digunakan pekerjaan konstruksi. Karena sistem ini dapat disesuaikan dengan segala bentuk dan ukuran struktur. Walaupun sistem konvensional ini menghasilkan biaya yang tinggi akan material dan tenaga kerjanya.

2.3.2 Fabrikasi Bekisting

Langkah kedua dari siklus bekisting adalah fabrikasi bekisting. Kegiatan ini termasuk penerimaan material bekisting, pemotongan dan penempatan material menurut tipe dan ukuran, pemasangan bagian-bagian sesuai bentuk dan ukuran yang diminta, penempatan bekisting dekat dengan alat angkat. Pihak kontraktor pelaksana juga harus memilih area fabrikasi pada lokasi kerja guna dapat memenuhi kebutuhan akan mobilisasi alat dan material bekisting pada pelaksanaan pekerjaan.

2.3.3 Pemasangan bekisting, penempatan dan perkuatan

Metode dan urutan kerja dari pekerjaan bekisting sangat dipengaruhi oleh ketersediaan alat angkat dan ketersediaan perkuatan. Bekisting biasanya diangkat secara manual dengan derek atau *small crane*. Pemasangan bekisting termasuk pekerjaan pengangkatan, *positioning*, pengaturan penempatan elemen-elemen yang berbeda dari bekisting. Siklus pekerjaan beton dimulai setelah pemasangan bekisting dan berakhir dengan pemasangan besi tulangan serta pengecoran. Gambar 2.4 adalah area kerja yang telah siap dicor setelah pemasangan bekisting dan pembesian.



Gambar 2.4. Area kerja (balok & pelat) siap cor setelah pemasangan bekisting dan pembedaan.

2.3.4 Konsolidasi Beton

Konsolidasi merupakan proses vibrasi atau pemadatan adukan beton masuk kedalam bekisting melalui rongga-rongga yang tersisa setelah pemasangan pembedaan supaya didapatkan penyatuan yang baik antara besi tulangan dan beton sehingga syarat kekuatan struktur yang direncanakan dapat tercapai.

2.3.5 Finishing beton

Finishing beton merupakan langkah perataan permukaan beton setelah pengecoran. Langkah ini biasanya dilakukan dengan bantuan mistar kayu panjang yang lurus direntangkan dipermukaan beton kemudian dipindahkan dengan menarik disepanjang permukaan beton sesuai dengan elevasi yang diminta untuk permukaan beton tersebut.

2.3.6 Bahan tambahan beton

Pengerasan beton merupakan proses kimia yang membutuhkan temperatur dan kadar air. Aktifitas ini termasuk penambahan zat aditif pada beton dengan air, uap, atau metode lain untuk mencegah penyusutan dan untuk memberikan kekuatan awal yang baik untuk beton.

2.3.7 Penambahan kekuatan bekisting

Bekisting haruslah cukup kuat menahan tegangan awal atau lendutan akibat berat sendiri serta akibat beban tambahan lainnya. Selama pekerjaan pengecoran, kekuatan bekisting harus tetap dipertahankan dengan melakukan penambahan-penambahan elemennya selama proses tersebut. Pembongkaran pada bekisting beton hanya boleh dilakukan apabila beton telah mencapai 70 % kekuatannya.

2.3.8 *Reshoring/Backshore*

Reshoring atau backshore adalah proses penyediaan *temporary* peyangga vertikal untuk penambahan elemen struktur yang belum mencapai kekuatan penuh rancangannya. Juga menambahkan kekuatan pada elemen struktur setelah penyangga awalnya dipindahkan atau dibongkar.

2.3.9 Pembongkaran *Reshoring*

Reshoring dapat dipindahkan apabila beton sudah cukup umur dan kuat untuk menahan segala beban rencana yang akan ditahannya. Pembongkaran *reshoring* harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari struktur dari dampak-dampak pembebanan.

2.3.10 Perbaikan dan penggunaan kembali bekisting

Setelah pembongkaran bekisting, biasanya harus ada langkah perbaikan akibat pemasangan pembongkaran sebelumnya. Langkah ini dilakukan supaya bekisting dapat dipakai kembali untuk pekerjaan selanjutnya.

2.4 SYARAT DAN KETENTUAN DALAM PEKERJAAN BEKISTING

Untuk memenuhi fungsinya, menurut *American Concrete Institute (ACI)* dalam buku *FORMWORK FOR CONCRETE* menyebutkan bahwa bekisting harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Kuat, dalam hal ini mampu menopang dan mendukung beban-beban yang terjadi baik sebelum ataupun setelah masa pengecoran berton.

- b. Stabil (kokoh), dalam hal ini maksudnya adalah tidak terjadi goyangan dan geseran yang mampu mengubah bentukan struktur ataupun membahayakan sistem bekisting itu sendiri (ambruk).
- c. Kaku, terutama pada bekisting kontak sehingga dapat mencegah terjadinya perubahan dimensi, bunting atau keropos pada struktur beton.

Perancangan suatu bekisting dimulai dengan membuat konsep sistem yang akan digunakan untuk membuat cetakan dan ukuran dari beton segar hingga dapat menanggung berat sendiri dan beban-beban sementara yang terjadi. Syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu :⁸

1. *Kekuatan*
Bekisting harus dapat menahan tekanan beton dan berat dari pekerja dan peralatan kerja pada penempatan dan pemadatan.
2. *Kekakuan*
Lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi 0,3% dari dimensi permukaan beton. Perawatan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa lendutan kumulatif dari bekisting lebih kecil dari toleransi struktur beton.
3. *Ekonomis*
Bekisting harus sederhana dan ukuran komponen serta pemilihan material harus ditinjau dari segi pembiayaan.
4. *Mudah diperkuat dan dibongkar tanpa merusak beton atau bekisting*
Metode dan cara bongkar serta pemindahan bekisting harus dicermati dan dipelajari sebagai bagian dari perencanaan bekisting, terutama metode pemasangan dan levelling elevasi.

Ada 3 tujuan penting yang harus dipertimbangkan dalam membangun dan merancang bekisting, yaitu :⁹

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.

⁸ James M. Antil, Paul W. S Ryan. *Civil engineering Construction*. McGraw Hill Book Company : Sydney. 1982 : hal 200-202

⁹ Dr. Edward G Nawy, P. E, C. Eng. *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press Bocaraton : New York. 1997 : hal 7 – 1.

2. *Keselamatan* : Bekisting harus didirikan dengan kekuatan yang cukup dan faktor keamanan yang memadai sehingga sanggup menahan / 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 skedul demi keuntungan kontraktor dan owner (pemilik).

2.5 JENIS & TIPE BEKISTING

Pada umumnya bekisting secara garis besar dibagi menjadi 3 tipe yaitu¹⁰ :

1. **Bekisting tradisional**
Yang dimaksud dengan 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.
2. **Bekisting setengah sistem**
Yang dimaksud dengan bekisting setengah sistem adalah satuan-satuan bekisting yang lebih besar, yang direncanakan untuk sebuah obyek tertentu. Untuk ini mereka pada prinsipnya digunakan untuk berulang kali dalam bentuk tidak diubah.
Pada umumnya bekisting kontak terdiri dari material plat. Konstruksi penopang disusun dari komponen-komponen baja yang dibuat di pabrik atau gelagar-gelagar kayu yang tersusun. Setelah usai, komponen-komponen ini dapat disusun kembali menjadi sebuah bekisting setengah

¹⁰ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 233

sistem untuk sebuah obyek yang lain. Sebagai contoh : Elemen-elemen panel dinding .

3. Bekisting sistem

Yang dimaksud dengan bekisting sistem adalah elemen-elemen bekisting yang dibuat di pabrik, sebagian besar komponen-komponen yang terbuat dari baja.

Bekisting sistem dimaksudkan untuk penggunaan berulang kali. Ini berarti bahwa tipe bekisting ini dapat digunakan untuk sejumlah pekerjaan. Bekisting sistem dapat pula disewa dari penyalur alat-alat bekisting. Contoh : bekisting panel untuk terowongan, bekisting untuk beton pre-cast.

2.6 PERBANDINGAN BIAYA MATERIAL DARI KETIGA TIPE BEKISTING

Laju biaya untuk bekisting tradisional, bekisting setengah sistem dan bekisting sistem, dalam hubungan terhadap satuan-satuan yang akan dilaksanakan pada sebuah proyek saling berbeda satu sama lain. Dalam grafik-grafik berikut diperlihatkan sifat dari ketiga metode kaitannya terhadap biaya material untuk bekisting lantai. Dalam biaya ini mencakup¹¹ :

Untuk bekisting tradisional :

1. Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama (stempel-stempel baja)
2. Penyusutan nilai kayu akibat pemakaian
3. Bekisting tepi
4. Penyewaan alat bantu

Untuk bekisting setengah sistem

1. Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama (stempel-stempel baja)
2. Penyusutan nilai kayu akibat pemakaian
3. Bekisting tepi

¹¹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 234

4. Penyewaan alat bantu

Untuk bekisting sistem

1. Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama (stempel-stempel baja)
2. Penyusutan nilai kayu akibat pemakaian
3. Bekisting tepi
4. Penyewaan alat bantu untuk kemungkinan pemakaian lebih dari 1 lantai.

Grafik perbandingan tersebut adalah¹² :

2.7 BIAYA MATERIAL UNTUK BEKISTING

Dari grafik perbandingan dapat dilihat perbandingan yang besar dalam biaya material untuk berbagai bekisting tergantung dari metode dan jumlah kali pemakaian yang harus diberlakukan pada suatu pekerjaan yang dilakukan berulang kali. Untuk pekerjaan struktur yang sederhana, dengan bentuk struktur relatif sama (tipikal), maka dapat diambil acuan sebagai berikut¹³ :

- a. Jika banyaknya kurang dari 6000 m², yang paling ekonomis adalah metode tradisional.
- b. Jika banyaknya lebih besar dari 6000 m², metode yang paling ekonomis adalah metode setengah sistem.
- c. Bekisting sistem akan selalu merupakan metode yang paling mahal.

2.8 MATERIAL PENYUSUN BEKISTING

Material yang umumnya digunakan dalam pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut :

2.8.1 Kayu

Tidak ada jenis material yang lebih luas penggunaannya dibandingkan dengan kayu dalam pembuatan bekisting dan perkuatannya. Kayu memiliki sifat

¹² F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 238

¹³ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 239

tidak mahal, kuat, fleksibel, serba guna, tahan lama, ringan, dan mudah pengerjaannya.¹⁴

Penggunaan kayu sebagai material bekisting diatur ketentuan dan persyaratannya dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI). Dalam peraturan PKKI ini jenis-jenis kayu diklasifikasikan berdasarkan berat jenis, kekuatan lentur serta kekuatan tekan mutlaknya menjadi 5 (lima) kelas.¹⁵

Tabel 2.1 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	<0,3	<360	<215

Sumber : PKKI Tahun 1961

Material kayu memiliki sifat-sifat menguntungkan dalam fungsinya sebagai bagian dari konstruksi yaitu :¹⁶

- Kekuatan yang besar pada suatu massa volumik yang kecil.
- Harga yang relatif murah dan dapat diperoleh dengan mudah.
- Mudah dikerjakan dan alat-alat sambung yang sederhana.
- Isolasi termis yang sangat baik.
- Dapat dengan baik menerima tumbukan-tumbukan dan getaran-getaran serta penanganan yang kasar di tempat pendirian sebuah bangunan.

Dalam penggunaannya sebagai bagian dari konstruksi banyak yang mempengaruhi sifat dan kekuatan kayu tersebut. Oleh karena itu terdapat faktor-faktor pengali yang disesuaikan dengan kondisi konstruksi dimana kayu tersebut ditempatkan yaitu :¹⁷

- Faktor 2/3
 - a. Untuk konstruksi yang selalu terendam air.

¹⁴ John E Clark P. E. *Structural Concrete Cost Estimating*. McGraw Hill Book Company : New York. 1983 : hal 84-85

¹⁵ *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*. Jakarta. 1961

¹⁶ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 16

¹⁷ *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*. Jakarta. 1961

- b. Untuk bagian konstruksi yang tidak terlindung dan kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi.
- Faktor 5/6
Untuk konstruksi kayu yang tidak terlindung tetapi kayu tersebut dapat mengering dengan cepat.
- Faktor 5/4
 - a. Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin.
 - b. Untuk bagian-bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan tidak tetap.
- Faktor 3/2
Untuk pembebanan yang bersifat khusus (getaran, dll).
Sebagai dasar perhitungan kekuatan kayu dalam analisa perencanaan bekisting ini yang ditinjau adalah properti tegangan-tegangan ijin serta modulus elastisitas dari material kayu yang akan digunakan tersebut.¹⁸

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 ($\sigma_{tk //} = \sigma_{tr //}$)	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)	125.000	100.000	80.000	60.000	-

Sumber : PKKI tahun 1961

2.8.2 Multiplek

Tripleks terdiri sejumlah lapisan kayu finer yang direkatkan bersilang satu di atas yang lain. Pada umumnya lapisan-lapisan finer dikupas dari sebatang kayu bulat; finer yang ditusuk akan memperlihatkan retakan-retakan kecil di permukaannya.¹⁹

¹⁸ Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia. Jakarta. 1961

¹⁹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 25

Ketebalan satu lapisan finer berkisar antara 1,5 – 2,5 hingga 3 mm. Setiap lapis finer dari satu plat tidak harus sama tebal dan dari jenis kayu yang sama.

Jenis lem yang digunakan untuk merekatkan lapisan finer-finer tersebut harus tahan terhadap iklim luar selama suatu jangka waktu yang terbatas dan terhadap pencemaran oleh organisme mikro.

Dalam penggunaannya sebagai material kontak, lapisan terluar daripada triplek ini harus terbuat dari kualitas kayu yang lebih baik daripada lapisan yang ada didalamnya dan yang paling utama adalah tahan lama serta tahan aus.²⁰

Hal-hal yang merugikan dengan menggunakan triplek (multiplek) adalah sebagai berikut :²¹

1. Harganya yang relatif tinggi.
2. Sudut dan tepi dari plat-plat mudah rusak.
3. Permukaan dari plat harus ditangani dengan hati-hati.

2.9 MATERIAL PENOPANG (PERANCAH) DAN PEMIKUL

2.9.1 Material Penopang Yang Berdiri Vertikal

Struktur penunjang yang penting untuk keberhasilan pekerjaan bekisting adalah struktur perancah. Sebagai struktur vertikal yang berfungsi sebagai penyangga, bertugas meneruskan seluruh gaya dan beban dari atas ke bawah. Dimana diharapkan penerusan gaya-gaya dapat berlangsung merata, sehingga untuk itu diperlukan struktur yang kaku dan kekakuannya merata. Dengan melalui perantaraan acuan, struktur vertikal menyangga balok-balok induk dan anak, pelat lantai, pelat atap, pelat jembatan dan bagian struktur lain, selama bagian-bagian struktur beton tersebut belum cukup mampu untuk dapat berdiri menopang dirinya sendiri.²²

²⁰ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 26

²¹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 27

²² Dony Sulistya, ST. Skripsi : *Analisa perbandingan mengenai biaya dan waktu pelaksanaan sistem bekisting Peri dengan Paschal pada proyek pembangunan Mega ITC Cempaka Mas*. FTUI. 2005.

Tuntutan-tuntutan terpenting yang diharapkan dari suatu penopang dalam suatu konstruksi bekisting adalah :²³

- a. Dengan bobot yang ringan harus dapat dan mampu untuk memindahkan beban-beban yang relatif berat.
- b. Tahan terhadap penggunaan yang berlangsung kasar.
- c. Pemasangan dan penyetelan dengan cara yang sederhana.
- d. Sedikit mungkin komponen-komponen lepas.
- e. Mudah dikontrol
- f. Dapat dipakai berulang-ulang.

Penopang dapat dibagi dalam beberapa kelompok utama, antara lain yaitu :

2.9.1.1 Stempel kayu (penopang dari kayu)

Stempel dari kayu gergajian, kayu bulat dan kayu yang diberi kekuatan, sudah digunakan sejak dahulu sebagai alat penopang pada bekisting. Tetapi dalam tahun-tahun terakhir ini penggunaannya semakin berkurang. Karena muncul berbagai macam material yang tidak memerlukan terlampau banyak penangan namun dengan kemungkinan penyetelan yang sangat luas.²⁴

2.9.1.2 Stempel baja

Pada beban-beban yang lebih besar, stempel baja tetap menarik untuk dijadikan pilihan sebagai penopang. Sekalipun harganya relatif mahal. Sebaiknya material untuk stempel ini digunakan dalam bentuk profil. Dikombinasikan dengan penyangga dan balok-balok atas dari baja maka terbentuklah pemikul.²⁵

2.9.1.3 Steger pipa dari baja

Komponen-komponen untuk membuat sebuah steger pipa baja terdiri dari bagian-bagian yang ringan dengan bantuan perangkat-perangkat dapat dihubungkan satu sama lain dengan cara sederhana. Profil

²³ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 81

²⁴ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 82

²⁵ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 82

baja yang diperlukan adalah pipa yang dilas tumpul dengan garis tengah sebesar 48,3 mm, ketebalannya 3,2 mm, dan beratnya 3,6 kg/m. Pipa steger dapat diperoleh dalam ukuran panjang 1-1.5,2,3,4, dan 6 m. Dengan beban yang diijinkan untuk satu tiang bervariasi antara 5 sampai 40 kN. Meskipun pendirian sebuah penopang dari steger pipa memerlukan banyak pengerjaan, namun material ini bisa sangat menarik untuk sebuah bekisting. Karena dengan steger pipa dapat disusun konstruksi-konstruksi yang paling rumit sekalipun.²⁶

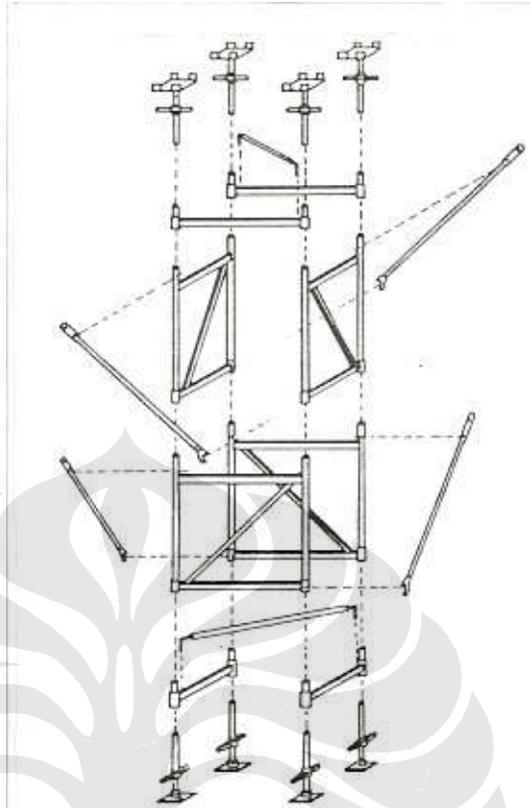
2.9.1.4 Steger sistem dari baja

Dibandingkan dengan steger pipa dari baja, steger sistem ini mempunyai kelebihan sebagai 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 dirangkai dalam arah ketinggiannya, sedangkan pembangunannya dapat dilaksanakan dengan cepat. Steger-steger sistem dibangun melalui penumpukan sebuah kuda-kuda dengan menggunakan 2 tiang atau sebuah menara dengan menggunakan 3 atau 4 tiang.

²⁶ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 82



Gambar 2.5 Contoh pembangunan sebuah steger sistem baja
(F. Wigbout, 1992 hal 84)

Beban yang diijinkan untuk setiap kuda-kuda adalah 50 – 100 kN. Tergantung dari sistem yang digunakan dan pemendekan tekukan. Sedangkan beban yang diijinkan untuk setiap menara adalah 160 – 200 kN. Menara-menara diangkai membentuk penampang segitiga, segiempat, atau persegi panjang. Untuk sambungan kuda-kuda dan menara digunakan alat-alat sambung sistem khusus sehingga dapat menghemat waktu pemasangannya.²⁷

2.9.1.5 Stempel sekrup

Digunakan untuk beban-beban yang agak ringan, daya dukungnya adalah 5 – 20 kN. Sisi bawah dari stempel sekrup ini

²⁷ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 83

dilengkapi dengan sebuah pelat kaki beserta lubang-lubang untuk paku. Bagian atasnya dilengkapi oleh sebuah pelat kepala dan sebuah garpu yang dapat menyangga satu atau dua buah balok. Adapula stempel-stempel khusus yang dilengkapi dengan pelat-pelat kaki dan pelat puncak yang dapat berputar, dan dapat menahan gaya tarik maupun tekan.²⁸



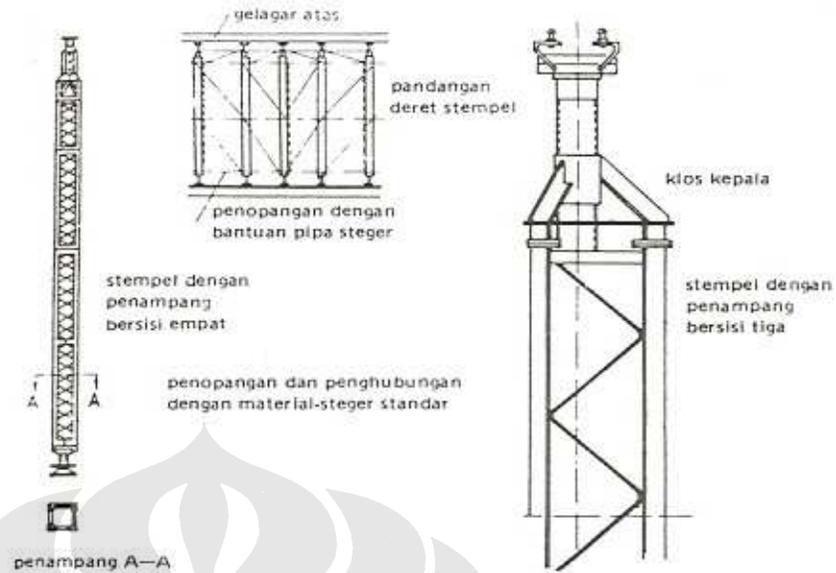
Gambar 2.6 Stempel Sekrup yang dapat disetel
(F. Wigbout, 1992 hal 86)

2.9.1.6 Stempel konstruksi

Digunakan pada beban-beban yang sangat berat. Stempel konstruksi terdiri dari beberapa elemen standar yang panjangnya berbeda-beda, yang dirangkaikan satu sama lain dengan pasak atau baut. Pengaturan ketinggian dilakukan oleh kepala dan kaki yang dapat diatur. Daya dukung yang dimiliki oleh jenis stempel ini bervariasi, yaitu antara 140 -350 kN.²⁹

²⁸ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 84-85

²⁹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 86



Gambar 2.7 Berbagai tipe stempel konstruksi
(F. Wigbout, 1992 hal 87)

2.9.2 Material Pemikul

Berdasarkan fungsinya, pemikul dapat digunakan untuk menahan beban horisontal seperti lantai dan balok, dan untuk bidang vertikal seperti dinding. Dimana pemikul-pemikul ini terbentuk dari komponen yang ringan dan dapat dirangkai, dipasang, dan dilepas dengan mudah.³⁰ Berdasarkan konstruksinya, pemikul bekisting dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :

2.9.2.1 Pemikul yang dapat digeser

Pemikul-pemikul yang dapat digeser terdiri dari satuan-satuan yang berukuran pendek dan ringan, terbuat dari bahan baja atau kayu, biasanya berbentuk kisi atau rangka. Pemikul kayu dengan bentuk 4,35 m, dengan bantuan pengikat-pengikat dari baja dan pasak-pasak kayu. Bobot dari satu pemikul adalah 7 (tujuh) sampai 9 (sembilan) kg/m.³¹

³⁰ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 89

³¹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 89-91



Gambar 2.8 Pemikul yang dapat digeser dengan pemikul-pemikul dalam (dinding penuh) dan pemikul luar (kerja rangka)
(F. Wigbout, 1992 hal 90)

2.9.2.2 Pemikul tersusun

Dengan menambahkan batang-batang tarik pada bentuk kuda-kuda yang dipilih, pemikul-pemikul ini dapat menyerap beban yang cukup besar, dengan momen yang diijinkan adalah antara 60 -1500 kNm. Jenis pemikul ini terdiri dari beberapa elemen standar yang berbentuk rangka yang dapat disusun dengan berbagai kepanjangan dan daya pikul.³²

Karena ada bermacam-macam material bekisting kontak dan penopang, maka pemilihan material ditentukan oleh faktor ulang yang diharapkan dan penggunaan (ulang) pada lebih dari satu bangunan. Hal yang harus dipertimbangkan adalah :³³

- a. Pemasangan bagian-bagian yang akan dicor;
- b. Berbagai tuntutan yang akan dikenakan pada permukaan beton;
- c. Fleksibilitas dan kemungkinan penyesuaiannya.

2.10 ZONA PELAKSANAAN PEKERJAAN BEKISTING

Penentuan zona-zona pekerjaan pada bangunan gedung bertingkat dipengaruhi oleh banyak faktor-faktor sebagai berikut :

1. Ketersediaan lahan
2. Bentuk struktur

³² F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 89-91

³³ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 343

3. Metode pekerjaan
4. Schedule pelaksanaan
5. Ketersediaan sumberdaya

Pada konstruksi bangunan yang besar, biasanya area pekerjaan dibagi menjadi zona-zona guna memudahkan dalam sirkulasi pekerjaan dan transportasi alat serta material. Ketersediaan alat angkut terutama untuk jenis *tower crane* biasanya dipertimbangkan juga jangkauannya terhadap area pekerjaan. Hal ini juga dipertimbangkan terhadap volume pengecoran yang akan dikerjakan karena pengecoran dengan volume yang besar akan membutuhkan perencanaan tambahan akan mobilisasi alat angkut adukan beton karena akan berpengaruh kepada kualitas hasil pengecoran akibat efek waktu terhadap sifat-sifat campuran beton itu sendiri.

2.11 PEMASANGAN MINIMAL BEKISTING

Pemasangan sebuah bekisting ditentukan oleh perbandingan masa perputaran atau siklus pembangunan – kasar / satuan. Masa perputaran bekisting adalah periode dimana bekisting dari sebuah satuan sedang dipergunakan atau beton hasil pengecoran dalam masa pengerasan sehingga bekisting belum bisa dibongkar. Periode ini mencakup jangka waktu untuk :³⁴

- a. Penyetelan Bekisting
- b. Pemasangan tulangan
- c. Pengecoran Beton
- d. Masa pengerasan
- e. Pembongkaran bekisting atau sebagian elemen-elemennya.
- f. Pengangkutan Bekisting

³⁴ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 247

2.12 WASTE / SISA MATERIAL BEKISTING

2.12.1 Kegiatan yang menghasilkan *waste*/limbah

a. Pengelolaan Material

Kegiatan penghasil limbah pada tahap pengelolaan material meliputi kegiatan pengiriman material, material yang ada tidak sesuai dengan spesifikasi, penumpukan material dilokasi salah sehingga menimbulkan limbah, karena sering adanya pemindahan material, kerusakan material dilokasi.

b. Proses Operasi/ Pelaksanaan Pekerjaan

Tahapan operasi merupakan tahapan yang juga merupakan penghasil limbah. Limbah disini terjadi karena bekas potongan, kesalahan pengerjaan, bahan bekas pakai, dan kelebihan material yang dibuang.

c. Perbaikan

Pekerjaan perbaikan atau reparasi bekisting menghasilkan sisa material yang tidak bisa dipakai lagi, biasanya pada pekerjaan ini dilakukan pemisahan antara material yang masih layak pakai dengan yang sudah tidak layak dengan memotong dan memilih material sehingga akan terdapat sisa material yang harus dibuang.

Limbah pada pekerjaan konstruksi dikelompokkan menjadi :³⁵

6. Limbah alami (*natural waste*)

Limbah alami adalah limbah yang dalam pembentukannya tidak dapat dihindarkan, misalnya pemotongan kayu untuk penyambungan atau cat yang menempel pada kalengnya saat pengecatan. Limbah ini terbentuk secara alami dalam batas toleransi. Namun ada kalanya limbah alami ini menimbulkan limbah langsung yang cukup besar jika tidak dilakukan pengontrolan yang baik, misalnya pada waktu pembuatan spesi, penuangan semen yang terkadang tercecer ke tanah,

³⁵ E.R Skoiles "Waste Preption On Site". Gread Britain : Butler & Tanner Ltd.1987

jika tidak dilakukan pengontrolan maka ceceran semen lama akan menjadi banyak.

7. Limbah Langsung

Limbah langsung adalah limbah yang terjadi pada setiap tahap pembangunan. Biasanya limbah ini terbentuk pada saat penyimpanan, pada saat material dipindahkan ketempat kerja, atau pada saat proses pengerjaan tahapan pengembangan itu sendiri. Bila tidak dilakukan kontrol yang baik limbah ini akan menyebabkan kerugian uang cukup besar, terutama dari segi biaya. Beberapa katagori limbah langsung adalah akibat kegiatan sebagai berikut :

- a. Limbah akibat adanya kegiatan pengiriman, yaitu kehilangan pada saat pengiriman ke lokasi, penurunan dan saat penempatan ke gudang. Atau pada waktu pengangkutan yang tidak efektif sehingga kualitas barang menurun, dan barang tidak terpakai akhirnya menjadi limbah.
- b. Penyimpanan di gudang dan penyimpanan sementara disekitar bangunan, adalah limbah yang disebabkan oleh penyimpanan yang buruk.
- c. Limbah akibat proses perubahan bentuk material, adalah limbah yang disebabkan oleh proses perubahan bentuk material dan aslinya.
- d. Limbah selama proses perbaikan, adalah limbah yang dihasilkan selama proses perbaikan.
- e. Limbah sisa adalah limbah yang dihasilkan dari material kalengan, seperti cat dan bahan plester yang tersisa pada tempatnya dan tidak digunakan.
- f. Penggunaan lahan yang tidak efektif, adalah lahan yang tidak digunakan secara optimal, sehingga menyebabkan tidak efisien. Management yang kurang baik.
- g. Limbah akibat penggunaan yang salah.
- h. Limbah akibat spesifikasi material yang salah.

i. Limbah yang ditimbulkan akibat kurang terampilnya tenaga kerja.

8. Limbah tidak langsung

Limbah tidak langsung terjadi akibat pembelian material tidak sesuai dengan harga pasar. Misalnya pembelian material yang lebih mahal dibanding harga pasar. Penyebab timbulnya material tidak langsung :

- a. Penggantian material.
- b. jumlah penggunaan material yang melebihi sarat yang disebutkan dalam kontrak.
- c. Kesalahan kontraktor.
- d. Setelah tahap pelaksanaan selesai ada kemungkinan timbul limbah tambahan dalam bentuk penambahan biaya buruh, material, dan penggunaan lahan.

Yang termasuk limbah tidak langsung adalah :

- a. Akibat adanya penggantian material (substitution waste).
- b. Limbah produksi (production waste), terjadi akibat ketidaktelitian kontraktor dalam memperkirakan banyaknya material yang digunakan pada saat pelaksanaan proyek..
- c. Limbah yang terbentuk selama proses konstruksi (operation waste), limbah yang dihasilkan dari material yang tidak disebutkan dalam perencanaan proyek. limbah ini lebih banyak disebabkan oleh bangunan sementara..
- d. Limbah yang disebabkan karena kelalaian (negligence waste), limbah ini disebabkan karena kesalahan pada lokasi. Misalnya penggunaan material yang tidak diperlukan.
- e. Limbah konsekuensi (consequential waste), adalah limbah yang disebabkan akibat kesalahan kerja, sebagai konsekuensinya adalah terjadinya pemborosan material dalam penggantian atau penambahan kapasitas material untuk mengganti pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi kerja.

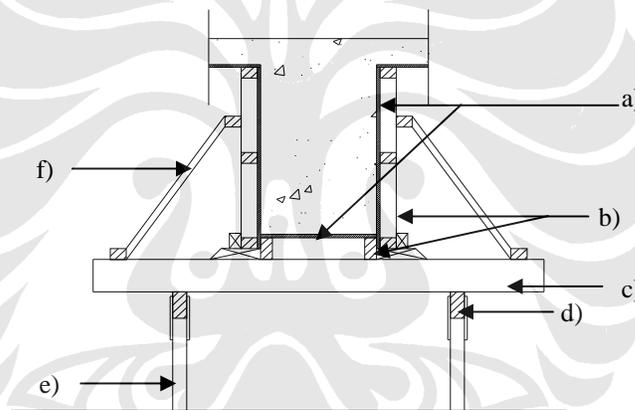
Definisi tentang 3 faktor utama untuk mengkategorikan limbah konstruksi yaitu :³⁶

- a. Type struktur (bangunan tempat tinggal, industri dan komersil).
- b. Ukuran struktur (low rise, high rise).
- c. Aktifitas yang sedang dilakukan (konstruksi, renovasi, perbaikan, perubahan).

2.13 METODE BEKISTING BALOK & PELAT

2.13.1 Metode Bekisting Balok

Bentuk penampang balok umumnya berbentuk segi empat dengan posisi berdiri.



Gambar 2.9 Sketsa komponen bekisting balok

(F.Wigbout,1992 Hal 329)

Bagian-bagian dari bekisting balok terdiri dari :³⁷

- a) Bekisting kontak pipi dan bodeman
Bekisting kontak adalah bagian dari bekisting yang berhubungan langsung dengan beton. Material yang digunakan adalah material plat yang

³⁶ JCF incorporated." *Construction and Demolition Waste Landfill* " prepared for EPA office of Solid Waste, 1995 (Website)

³⁷ Suropto, ST. *Petunjuk Praktek Kerja Acuan dan Perancah I*. Depok : Politeknik Negeri Jakarta. 2000 : hal 18

memiliki sifat tahan air dan tahan aus. Fungsinya sebagai pemberi bentukan pada balok dan juga menerima langsung beban yang bekerja dari beton. Ketebalan dari plat ini tergantung dari perhitungan beban yang ditanggungnya.

b) Rangka alas dan pipi vertikal dan horisontal

Rangka ini berfungsi sebagai penerima beban yang disalurkan dari bekisting kontak kemudian disalurkan kepada komponen bekisting di bawahnya. Material yang digunakan biasanya adalah kayu ukuran 2/3, 4/6, 5/7 dan 5/10 atau juga dari material yang lebih kuat seperti besi hollow atau plat siku. Penggunaan material tersebut tergantung dari penentuan sistem metode yang akan dipakai dan juga dari perhitungan kekuatan bahan.

c) Balok suri

Balok suri berfungsi menyebarkan beban yang diperoleh dari rangka alas balok kepada gelagar memanjang yang ada di bawahnya. Balok suri dipasang arah berlawanan dengan panjang balok. Sedangkan panjang balok suri tergantung dari kebutuhan. Untuk posisi balok yang berada di tepi bangunan biasanya akan lebih panjang karena berfungsi juga sebagai penahan dinding pipi bebas balok. Tetapi untuk efisiensi bahan biasanya balok suri ini di buat panjang 2 m sehingga dari 1 batang panjang 4 m balok dipotong menjadi 2 buah balok suri tanpa ada sisa material yang terbuang. Material balok suri biasanya dari kayu ukuran 5/10, 6/12, 6/15 dan 8/15 tergantung dari perhitungan kekuatan yang dilakukan.

d) Balok engkel (gelagar memanjang)

Balok engkel pada konstruksi balok dimensi kecil jarang dipakai. Fungsinya adalah menyalurkan beban dari konstruksi di atasnya kepada stempel atau penopang di bawahnya.

e) Stempel / penopang

Stempel adalah bagian yang menahan beban dari beban di atasnya dan menyalurkannya pada tanah atau lantai yang ada di bawah. Kekuatan daripada stempel ini yang menentukan kestabilan dari keseluruhan

bekisting. Material stempel ini biasanya dari balok-balok kayu atau yang lebih modern lagi telah dibuat alat-alat standar stempel yang telah banyak macamnya seperti; *standard scaffolding*, *ring scaffold*, *pipe support* dan lain-lain. Selain lebih mudah dalam pemasangan dan pembongkaran, kekuatan dari stempel fabrikasi ini juga dapat disesuaikan dengan beban yang ada.

f) Skoor

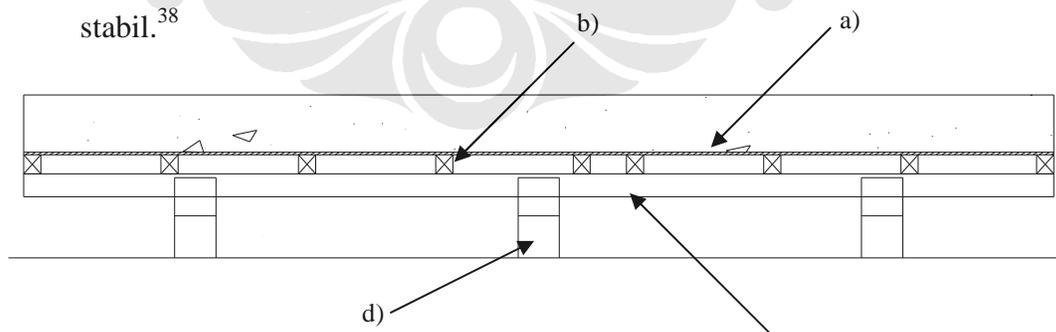
Skoor adalah penopang pipi balok. Fungsinya menyebarkan gaya horisontal yang diterima pipi balok kepada balok suri atau kayu memanjang yang ada dipangkalnya.

Skoor biasanya terbuat dari potongan-potongan kayu atau yang lebih mekanis lagi berupa alat fabrikasi yang didesain sebagai penahan pipi balok biasanya terbuat dari besi siku atau pipa hollow segiempat.

2.13.2 Metode Bekisting Pelat

Pada umumnya lantai dicor bersama-sama dengan balok. Konstruksi bekisting lantai harus dapat menahan beban-beban yang bekerja diatasnya agar memenuhi syarat sebagai bekisting dan tidak melebihi lendutan yang diijinkan.

Bagian-bagian pada bekisting lantai yang menerima beban terdiri dari balok kayu yang dihubungkan satu dengan lainnya dengan dibantu oleh papan pengokoh dan selur-selur yang terdiri dari kayu papan agar konstruksi lebih stabil.³⁸



Gambar 2.10 Sketsa komponen bekisting plat lantai

(F.Wigbout,1992 Hal 334)

³⁸ Suropto, ST. *Petunjuk Praktek Kerja Acuan dan Perancah I*. Depok : Politeknik Negeri Jakarta. 2000 : hal 18

- a) Bekisting kontak
Sama halnya seperti pada bekisting balok fungsi bekisting kontak ini menyalurkan beban dari beton ke anak balok yang ada di bawahnya.
- b) Anak balok / rangka plat
Rangka plat inilah yang menjadi tulangan dari bekisting plat. Jarak praktis pemasangan anak balok ini antara 25 sampai 50 cm tergantung dari pembebanan dan juga jenis dan tebal material plat yang dipakai sebagai bekisting kontak.
- c) Balok penyangga
Balok penyangga ini berfungsi seperti balok engkel pada bekisting balok. Beban yang diterima dai anak balok diteruskan kepada stempel yang ada di bawahnya.
- d) Stempel /penopang
Stempel adalah bagian yang menahan beban dari beban di atasnya dan menyalurkannya pada tanah atau lantai yang ada di bawah. Kekuatan daripada stempel ini yang menentukan kestabilan dari keseluruhan bekisting. Material stempel ini biasanya dari balok-balok kayu atau yang lebih modern lagi telah dibuat alat-alat standar stempel yang telah banyak macamnya seperti; *standard scaffolding*, *ring scaffold*, *pipe support* dan lain-lain. Selain lebih mudah dalam pemasangan dan pembongkaran, kekuatan dari stempel fabrikasi ini juga dapat disesuaikan dengan beban yang ada.

2.14 PELAKSANAAN PEKERJAAN BEKISTING

Biaya tenaga kerja dan peralatan bagi konstruksi bekisting dan penggunaannya memiliki porsi terbesar dari total keseluruhan biaya. Dalam berbagai estimasi, biaya untuk membuat, mendirikan, dan perkuatan bekisting

diestimasi terhadap produktivitas pekerja. Semua pengeluaran untuk tenaga kerja dan peralatan kerja bekisting digabungkan dalam 3 (tiga) urutan pekerjaan bekisting yaitu membuat (*build*), memasang/mendirikan (*erect*) dan pembongkaran (*strip*).³⁹

a) Pembuatan (*build*)

Pembuatan bekisting yang paling awal sebelum digunakan (pekerjaan prefabrikasi) adalah aktifitas praktis dengan berbagai macam tipe cetakan. Bentuk cetakan bangunan tergantung hanya kepada inisial pre-fabrikasi dari bekisting dan pengeluaran yang lebih jauh kemudian terlingkup dalam pekerjaan pemasangan dan perkuatan.⁴⁰

b) Pemasangan (*erect*)

Tingkat produktivitas rata-rata pekerja untuk pemasangan bekisting cukup untuk menutupi pemasangan dari semua bentuk bekisting tetapi tidak termasuk pemasangan sistem perkuatan eksternal.⁴¹

c) Pembongkaran (*strip*)

Pembongkaran dari bekisting mencakup pemindahan, pembongkaran, pembersihan, pelumasan, penyimpanan sementara dan perbaikan ari bekisting setelah pemakaian sehingga siap digunakan untuk operasi selanjutnya.⁴²

2.14.1 Bekisting Balok

Struktur balok beton adalah konstruksi yang menghubungkan satu kolom dengan kolom lainnya untuk menopang lantai dan beban-beban yang ada di atasnya. Bentuk penopang balok beton umumnya persegi panjang dengan posisi berdiri. Berikut langkah kerja pelaksanaan bekisting balok, dengan bentuk bekisting balok persegi panjang.⁴³

1 Pembuatan (*build*)

- a. Persiapan material kontak bekisting balok berupa multiplek atau papan yang dipotong sesuai dengan ukuran balok yang akan

³⁹ John E Clark P. E. *Structural Concrete Cost Estimating*. McGraw Hill Book Company : New York. 1983 : hal 112

⁴⁰ John E Clark P. E. *Structural Concrete Cost Estimating*. McGraw Hill Book Company : New York. 1983 : hal 112

⁴¹ John E Clark P. E. *Structural Concrete Cost Estimating*. McGraw Hill Book Company : New York. 1983 : hal 113

⁴² John E Clark P. E. *Structural Concrete Cost Estimating*. McGraw Hill Book Company : New York. 1983 : hal 113

⁴³ Suripto, ST. *Petunjuk Praktek Kerja Acuan dan Perancah I*. Depok : Politeknik Negeri Jakarta. 2000 : hal 31-32.

dikerjakan. Perlu diperhatikan metode pemotongan agar tidak terjadi banyak pemborosan material.

- b. Pembuatan panel pipi balok dan alas (bodeman) dengan pemotongan rangka panel sesuai dengan ukuran dan jarak pemasangan yang telah direncanakan. Apabila menggunakan rangka kayu, maka sebaiknya diserut terlebih dahulu untuk memastikan kerataan permukaan kayu dan memudahkan perangkaian.

2 Pemasangan (*erect*)

- a. Menentukan dan mengukur ketinggian dasar bekisting balok, kemudian menarik dari dua buah titik yang sudah diukur dengan waterpass sebagai dasar bekisting.
- b. Memasang papan alas sebagai tempat berdirinya perancah (tiang).
- c. Memasang perancah / stempel kaso atau balok dengan jarak antar tiang sesuai dengan gambar kerja. Pemasangan pengaku antar tiang apabila diperlukan.
- d. Memasang gelagar memanjang (balok engkel) dengan posisi gelagar bagian atas menyentuh benang yang sudah di waterpass.
- e. Pemasangan balok suri di atas gelagar memanjang dengan jarak pemasangan sesuai gambar rencana.
- f. Pemasangan rangka alas balok (bodeman) dengan mengacu pada titik as balok yang telah ditandai dengan benang dan unting-unting.
- g. Setelah alas balok terpasang dengan benar, maka dilakukan perangkaian panel pipi-pipi balok. Diusahakan agar posisi pipi balok tegak lurus alas balok.
- h. Pemasangan skoor penahan untuk mempertahankan ketegakan pipi balok dan menahan beban pada saat pengecoran terjadi.

3 Pembongkaran (*strip*)

- a. Pembongkaran diawali dengan pelepasan skoor-skoor penahan pipi balok.

- b. Pembongkaran pipi-pipi balok dengan metode kerja yang efisien agar tidak terjadi kerusakan terhadap panel-panel pipi bekisting tersebut.
- c. Pembongkaran alas balok dilakukan bersamaan dengan pembongkaran balok suri dan gelagar memanjang.
- d. Stembel (tiang) penyangga dibuka dan ditempatkan secara teratur untuk memudahkan penggunaan selanjutnya.

2.14.2 Bekisting Plat Lantai

Tebal lantai beton yang dipakai untuk struktur umumnya bekisting antara 12 – 15 cm, sedangkan untuk atap beton tebalnya antara 8 – 12 cm. Berikut ini adalah langkah kerja pelaksanaan bekisting plat/lantai :⁴⁴

1. Pembuatan (*build*)

Persiapan material kontak bekisting balok berupa multiplek atau papan yang dipotong sesuai dengan ukuran balok yang akan dikerjakan. Perlu diperhatikan alur penghamparan material kontak agar tidak terjadi pemborosan material

2. Pemasangan (*erect*)

1. Menentukan dan mengukur ketinggian elevasi bekisting plat lantai, kemudian menarik dari dua buah titik yang sudah diukur dengan waterpass sebagai dasar bekisting.
2. Memasang papan alas sebagai tempat berdirinya perancah (tiang).
3. Memasang perancah / stempel kaso atau balok dengan jarak antar tiang sesuai dengan gambar kerja. Pemasangan pengaku antar tiang apabila diperlukan.
4. Memasang gelagar memanjang (balok engkel) dengan posisi gelagar bagian atas menyentuh benang yang sudah di waterpass.
5. Pemasangan anak balok / rangka plat dengan jarak pemasangan sesuai gambar rencana.

⁴⁴ Suropto, ST. *Petunjuk Praktek Kerja Acuan dan Perancah I*. Depok : Politeknik Negeri Jakarta. 2000 : hal 34-35.

6. Penghamparan bekisting kontak yang kemudian dipaku ke rangka plat lantai.
7. Pengecekan kerataan dan elevasi permukaan bekisting.

3. Pembongkaran (*strip*)

1. Pembongkaran diawali dengan pelepasan bekisting kontak dan rangka plat lantai.
2. Pembongkaran balok suri dan gelagar memanjang.
3. Stempel (tiang) penyangga dibuka dan ditempatkan secara teratur untuk memudahkan penggunaan selanjutnya.

2.15 PEMBIAYAAN BEKISTING

Sebagai akibat dari relatif meningkatnya ongkos kerja selama 20 tahun terakhir ini, perbandingan antara biaya material dan ongkos kerja selalu mengalami perubahan.⁴⁵ Biaya bekisting biasanya berkisar antara 35 sampai 60% atau lebih daripada keseluruhan biaya konstruksi struktur beton. Menyadari pengaruh harga pekerjaan bekisting terhadap biaya keseluruhan, adalah kritis bagi engineer struktur untuk memfasilitasi ekonomis bagi bekisting, tidak hanya ekonomis bagi material beton.

Ada beberapa pertimbangan yang dijadikan acuan dalam penentuan konstruksi bekisting yang ekonomis :⁴⁶

- ❖ Biaya dan kemungkinan terhadap penyesuaian material yang telah ada dibandingkan dengan membeli atau menyewa material yang baru.
- ❖ Biaya dari tingkat kualitas material yang lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat yang rendah plus keahlian pekerja yang lebih baik dalam peningkatan kualitas dan kegunaan.
- ❖ Pemilihan terhadap material yang lebih mahal sehingga dapat menghasilkan daya tahan dan kapasitas penggunaan dibandingkan dengan material yang lebih murah dengan tingkat penggunaan yang lebih pendek.

⁴⁵ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 232

⁴⁶ Dr. Edward G Nawy, P. E, C. Eng. *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press Bocaraton : New York. 1997 : hal 7 – 1

- ❖ Penyetelan di lokasi dibandingkan dengan penyetelan di toko atau pabrik; hal ini tergantung dari kondisi lokasi serta lahan yang tersedia, ukuran besar kecilnya proyek, jarak tempat penyetelan, dan lain sebagainya.

Penggunaan yang berulang dari bekisting ditujukan untuk mencapai nilai ekonomis maksimum dari material. Panel-panel bekisting sebaiknya dirancang agar mudah dipasang, dibongkar dan diperkuat sehingga keuntungan maksimum dapat diperoleh tanpa mengeluarkan banyak biaya perbaikan.⁴⁷

Pekerjaan yang paling sulit sehubungan dengan bekisting adalah mengestimasi biaya bekisting tersebut. Para estimator harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dan berkaitan dalam menghitung pembiayaan pekerjaan dan mencapai suatu efisiensi. Faktor-faktor tersebut yaitu :⁴⁸

- Jenis metode yang dipakai; Hal ini berhubungan dengan pemilihan jenis material, alat bantu dan penyangga perkuatan yang akan dipakai serta jenis pengadaannya (beli atau sewa).
- Pemilihan tenaga kerja; Keterampilan dan harga upah menjadi pertimbangan.
- Metode pabrikasi, pemasangan, perkuatan, pembongkaran dan pemindahan.

Estimasi biaya konstruksi dari pekerjaan bekisting dapat diperoleh dengan menjumlahkan kuantitas material kayu yang diperlukan untuk menghasilkan 1 m² area kontak, disamping memperhitungkan pula sisa potongan material, kemudian dikalikan dengan harga satuan kayu tersebut.

Estimasi dalam pelaksanaan konstruksi bekisting harus memperhitungkan pula waktu kerja untuk mendirikan dan membongkar bekisting tiap siklus. Dalam perhitungan waktu tersebut, kontraktor harus memperhitungkan pula tundaan akibat cuaca, permasalahan alat disamping proses pembersihan bekisting dan pekerjaan pendukung lainnya.⁴⁹

⁴⁷ James M. Antil, Paul W. S Ryan. *Civil engineering Construction*. McGraw Hill Book Company : Sydney. 1982 : hal 199

⁴⁸ James M. Antil, Paul W. S Ryan. *Civil engineering Construction*. McGraw Hill Book Company : Sydney. 1982 : hal 213

⁴⁹ Dr. Edward G Nawy, P. E, C. Eng. *Concrete Construction Engineering Handbook*. CRC Press Bocaraton : New York. 1997 : hal 7 – 3

2.15.1 Biaya Material untuk Bekisting Konvensional

Biaya material untuk bekisting konvensional dapat diketahui dengan bantuan nilai-nilai pengalaman terhadap penurunan nilai yang terjadi pada setiap pemakaian. Penurunan nilai ini bersifat kualitatif dan kuantitatif.

Tergantung dari bentuk beton yang akan dibuat dan dari seringnya penggunaan ulang yang diharapkan, sering kali dilakukan perhitungan dengan :

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

Sebuah bekisting konvensional dengan balok-balok, yang disusun dari kayu balok dan kayu papan, ditopang oleh stempel-stempel baja, mempunyai sekitar 80 mm ketebalan kayu, berikut penjepit, pengokoh, dan sekur. Dalam hal ini semua bagian dihitung balik dalam ketebalan mm per m². Sekitar 35 mm adalah kayu papan dan 45 mm kayu balok.⁵⁰

2.15.2 Biaya Material untuk Bekisting Setengah Sistem

Bekisting setengah sistem banyak digunakan untuk bekisting lantai yang dipakai berulang kali dalam bentuk sebuah bekisting meja dari misalnya 20 hingga 40 m²/meja dan untuk bekisting dinding yang dipakai berulang kali dari misalnya 15 hingga 35 m²/dinding. Dalam hal ini konstruksi penopang dari baja dapat disewa.

2.15.3 Perbandingan Biaya Material dari ketiga Tipe Bekisting

Laju biaya untuk bekisting konvensional, bekisting setengah sistem dan bekisting sistem, dalam hubungan terhadap satuan-satuan yang akan dilaksanakan pada sebuah proyek, saling berbeda satu dari yang lain.

Untuk bekisting konvensional, biaya yang tercakup adalah :⁵¹

- Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama (stempel-stempel baja);
- Penghapusan kayu ;
- Tepi-tepi lantai ;
- Penyewaan stempel-stempel baja.

⁵⁰ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 234

⁵¹ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 237

Untuk bekisting setengah sistem, biaya yang tercakup adalah :⁵²

- Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama ;
- Penghapusan kayu ;
- Tepi-tepi lantai ;
- Penyewaan kaki-kaki meja dan stempel-stempel.

Untuk bekisting sistem, biaya yang tercakup adalah :

- Biaya angkutan untuk bekisting sistem dan stempel-stempel tambahan ;
- Penyewaan bekisting ;
- Tepi-tepi lantai dan merapikan ;
- Penyewaan untuk kemungkinan penstempelan satu di atas yang lain.

2.15.4 Biaya Langsung untuk Bekisting

Biaya langsung untuk bekisting terdiri dari :⁵³

- Biaya material;
- Ongkos kerja;
- Biaya perencanaan.

Biaya langsung berada di bawah pengaruh dari jangka waktu pelaksanaan. Pada saat jangka waktu yang lebih panjang, nilai sewa dan material akan meningkat berbanding lurus dengan jangka waktu pembangunan. Terutama akan berpengaruh terhadap biaya untuk bekisting sistem dan setengah sistem. Karena metode tersebut memerlukan modal yang cukup besar. Hal ini mengakibatkan perlunya persyaratan tinggi dari perencanaan dan pengendalian proses produksi.⁵⁴

2.16 KINERJA WAKTU PROYEK KONSTRUKSI

2.16.1 Jadwal Pelaksanaan Proyek

Membuat jadwal pelaksanaan adalah inti dalam membuat rencana dan pelaksanaan pekerjaan.⁵⁵ Kontraktor sebagai pihak yang melaksanakan proyek bertanggung jawab untuk membuat perencanaan yang detail, dan membuat penjadwalan serta mempunyai kewajiban untuk menyelesaikan proyek tersebut sesuai dengan jangka

⁵² F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 238

⁵³ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 244

⁵⁴ F. Wigbout, Ing. *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta : Erlangga. 1987 : hal 245

⁵⁵ Drs. Nono Trisnuwardono. BE. *Menuju Usaha Jasa Konstruksi yang Handal*. Jakarta : Abdi Tondour. 1992

waktu yang telah ditentukan. Kontraktor mempersiapkan detail kerjanya dalam berbagai cara, berdasarkan pengalaman proyek-proyek yang telah ditanganinya dan biasanya penjadwalan tersebut hanya berdasarkan intuisi saja. Tetapi untuk proyek-proyek yang lebih besar, kompleks dan tidak biasa ditanganinya, penjadwalan perlu dilakukan secara lebih spesifik dan sistematis mengingat banyaknya kegiatan yang akan terlibat dan saling berhubungan dalam pelaksanaan proyek tersebut. Penjadwalan merupakan suatu hasil perencanaan dan membutuhkan latihan serta pengalaman seorang perencana.⁵⁶

Dari kegiatan-kegiatan konstruksi maka pihak kontraktor umumnya menyusun jadwal proyek berdasarkan berbagai metode. Salah satu diantaranya adalah metode jalur kritis. Jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Makna jalur kritis ini penting bagi pelaksanaan proyek. Karena pada jalur kritis ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.⁵⁷ Dengan demikian, pengendalian waktu proyek pada aktivitas-aktivitas yang merupakan jalur kritis sangat penting dilakukan.

2.16.2 Pengaruh pelaksanaan pekerjaan bekisting terhadap jadwal proyek

Pekerjaan bekisting merupakan bagian dari pekerjaan struktur sebuah bangunan konstruksi beton. Pekerjaan lainnya adalah pekerjaan pembesian dan pekerjaan pengecoran. Dalam pelaksanaan di lapangan, ketiga pekerjaan tersebut saling terkait. Bilamana pekerjaan bekisting mengalami keterlambatan, maka secara keseluruhan jadwal pekerjaan struktur juga akan terlambat. Sebaliknya, bila pekerjaan bekisting dapat selesai tepat waktu atau lebih cepat dari rencana, maka pekerjaan struktur juga dapat selesai tepat waktu atau lebih cepat dari rencana. Jadi kinerja waktu pekerjaan bekisting memiliki hubungan dalam menentukan kinerja waktu pekerjaan proyek struktur secara keseluruhan.

Sejak tahap perencanaan, pilihan metode bekisting yang akan digunakan telah memiliki pengaruh dalam penyusunan jadwal proyek. Selanjutnya akan berpengaruh pula dalam kinerja proyek.

⁵⁶ Callahan, M.T. *Construction Project Scheduling*. McGraw Hill. Singapore. 1992

⁵⁷ Iman Suharto, M.T. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Erlangga : Jakarta. 1997

Perencanaan pelaksanaan konstruksi yang efektif membutuhkan pemahaman yang lengkap tentang proyek yang akan ditangani. Setelah itu, metode pelaksanaan dan kebutuhan sumber daya (bahan, alat dan tenaga kerja) bisa ditentukan. Sehingga memungkinkan pekerjaan dilakukan secara aman, ekonomis dan memenuhi standar mutu yang memuaskan konsumen.⁵⁸ Perencanaan menempati rangking tertinggi dalam mencapai perbaikan produktivitas pelaksanaan konstruksi.

Seorang perencana pekerjaan konstruksi bertanggung jawab untuk menentukan pekerjaan-pekerjaan sementara termasuk bekisting yang dibutuhkan proyek. Penentuan jenis pekerjaan sementara merupakan salah satu kunci sukses suatu proyek yang bisa memberikan kontribusi pada pengendalian biaya proyek dan tercapainya mutu.

2.17 PENELITIAN - PENELITIAN YANG RELEVAN

1. Nama : **Dony Sulistya** tahun **2005** telah melakukan penelitian tentang : *Analisa Perbandingan mengenai biaya dan waktu pelaksanaan sistem bekisting PERI dengan PASCAL pada Proyek Pembangunan Mega ITC Cempaka Mas.*

Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk :

- a) Mengetahui perkembangan bekisting serta jenis-jenis bekisting yang terdapat di Indonesia.
- b) Mengetahui bagaimana sistem pelaksanaan dari bekisting PERI dan PASCAL.
- c) Mempelajari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi bekisting PERI dan PASCAL tersebut.
- d) Mengetahui berapa besar tingkat perbedaan biaya dan waktu dari pemakaian bekisting PERI dan PASCAL.

Adapun tujuan penelitian (Dony Sulistya, tahun 2005) adalah :

Membuat analisa perbandingan dari segi biaya dan waktu antara penerapan sistem bekisting PERI dan PASCAL pada Proyek Pembangunan Mega ITC Cempaka Mas.

Dari hasil penelitian :

Pekerjaan merakit atau memasang pada bekisting PERI ini diperlukan orang yang ahli dalam merakitnya, sedangkan bekisting PASCAL keahlian tidak menjadi patokan hal

⁵⁸ Illingworth, J. R. *Construction Method & Planning*. E & FN Spon. London. 1993

utama dalam merakitnya karena kemudahan dan kesederhanaan peralatan yang ada. Dalam penentuan sistem bekisting, sebaiknya memperhatikan spesifikasi dan kebutuhan proyek. Karena setiap proyek mempunyai spesifikasi dan kebutuhan yang berbeda sehingga dalam pelaksanaannya dapat tercapai efisiensi dan efektifitas. Pemilihan bekisting PASCAL sangat baik sekali jika diterapkan untuk proyek-proyek gedung bertingkat tinggi dan tipikal baik, ditinjau dari segi waktu pelaksanaan, jumlah tenaga kerja, maupun biaya. Dimana perbandingan pekerjaan bekisting antara sistem PERI dan PASCAL dapat dikatakan mempunyai perbedaan yang cukup besar.

2. Nama : **Wiekus Setiaty** tahun **2005** telah melakukan penelitian tentang : *Perbandingan Perancah Bekisting Box Girder antara sistem PERI dengan sistem Ring Scaffold ditinjau dari segi biaya dan waktu.*

Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk :

Membandingkan sistem perancah mana yang lebih efisien yang akan digunakan untuk pekerjaan pembuatan box girder dengan membandingkan sistem PERI dengan sistem ring scaffold.

Adapun tujuan penelitian (Wiekus Setiaty, tahun 2005) adalah :

Menganalisis berapa banyak bahan yang digunakan, berapa lama waktu yang diperlukan, sehingga dapat diketahui berapa biaya yang harus dikeluarkan yang nantinya dapat diketahuimana yang lebih efisien tetapi memiliki mutu yang baik, yang juga berpengaruh terhadap biaya konstruksi secara keseluruhan.

Dari hasil penelitian :

- a) Penggunaan perancah sistem “*Ring Scaffold*” ternyata lebih efisien sekitar 17,21% bila dibandingkan dengan penggunaan perancah sistem *PERI*. Walaupun kedua sistem perancah tersebut dipakai kembali untuk bentang *PERI* lainnya.
- b) Terlihat efisiensi waktu walau sekitar 18,18% untuk penggunaan sistem “*Ring Scaffold*” dibandingkan dengan penggunaan sistem *PERI* sebagai perancah. Hal ini disebabkan oleh tingkat pemasangan dan pembongkaran sistem “*Ring*

Scaffold” lebih singkat daripada sistem PERI. Karena sistem “*Ring Scaffold*” cara kerjanya sudah disederhanakan.

- c) Perancah sistem “*Ring Scaffold*” lebih efisien apabila digunakan pada konstruksi-konstruksi besar, seperti : jembatan fly over, gedung bertingkat banyak, dan lain sebagainya.
3. Nama : **M. Widhijono. S** tahun **2005** telah melakukan penelitian tentang : *Perbandingan Penggunaan Metode Bekisting Konvensional dan Bekisting Semi (Scaffolding) Pada Proyek Darmo Trade Center.*

Pekerjaan bekisting dalam pekerjaan beton suatu proyek cukup dominan dalam hal pembiayaan, karena bekisting memberikan kontribusi yang cukup besar dalam hal biaya, terutama pada biaya langsung. Ada 3 macam metode yang digunakan untuk bekisting yaitu; metode bekisting konvensional, metode bekisting semi (scaffolding), metode bekisting sistem. Proyek akhir ini membandingkan antara penggunaan metode bekisting semi (scaffolding) dengan bekisting konvensional untuk pekerjaan struktur kolom, plat dan balok pada daerah pertokoan proyek Darmo Trade Center. Penggunaan metode tersebut dapat mempengaruhi pelaksanaannya atau sistem rotasi penggunaan bekisting sehingga mempengaruhi kinerja pelaksanaan dilapangan dan akan berdampak langsung pada pembiayaan atau anggaran biaya proyek.

Dalam menghitung perbandingan biaya dari kedua metode bekisting dilakukan analisa data mulai dari perhitungan struktur bekisting, rotasi penggunaan bekisting, perhitungan volume bekisting sampai pada perhitungan biaya bekisting untuk masing-masing metode. Sedangkan dalam menentukan Rencana Anggaran Biaya untuk kedua metode bekisting tersebut tergantung pada pemakaian sumber tenaga dan material yang digunakan. Dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya pada pekerjaan struktur terutama pekerjaan kolom, balok dan pelat pada proyek Darmo Trade Center diketahui besarnya biaya yang digunakan untuk metode bekisting konvensional yaitu sebesar Rp. 1.217.822.174,50; sedangkan besarnya biaya yang digunakan untuk metode bekisting semi (scaffolding) yaitu sebesar Rp. 1.013.792.413,93.

4. Nama : **Ary Perdan Anto** tahun **2005** telah melakukan penelitian tentang : *Studi Pemilihan Alternatif Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok, dan Pelat pada Proyek Gedung Bertingkat (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Darmo Trade Center (DTC) Surabaya Tahap II (Pasar Modern))*.

Pembangunan gedung-gedung bertingkat dalam pelaksanaannya sering mengalami ketidaktepatan penyelesaian waktu atau dengan kata lain mengalami keterlambatan waktu, sehingga faktor waktu menjadi sangat penting untuk menyelesaikan pekerjaan suatu proyek. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut, yaitu dengan memberikan solusi dalam hal pemilihan dan penggunaan bekisting. Namun selain dengan menggunakan metode pelaksanaan bekisting, pada struktur pelat terdapat juga metode pelaksanaan lain untuk mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan, yaitu dengan menggunakan sistem komposit bondek.

Pada tugas akhir ini, terdapat 3 alternatif metode pelaksanaan untuk pekerjaan bekisting. Alternatif 1 yaitu pekerjaan bekisting kolom, balok, dan pelat menggunakan metode pelaksanaan konvensional. Alternatif 2 yaitu bekisting kolom dengan menggunakan metode konvensional, bekisting balok dengan menggunakan metode semi konvensional, bekisting pelat dengan menggunakan metode sistem komposit bondek. Alternatif 3 yaitu bekisting kolom dengan menggunakan metode sistem peri, bekisting balok dan pelat dengan menggunakan metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisa, ditinjau dari segi biaya, alternatif 1 dapat menghemat biaya sebesar Rp 5.836.784.708,89 (21,85 %) dibanding dengan pelaksanaan aktual. Alternatif 2 dapat menghemat biaya sebesar Rp 4.449.616.840 (16,66 %) dibanding dengan pelaksanaan aktual. Alternatif 3 dapat menghemat biaya sebesar Rp 1.413.613.068,89 (5,29 %) dibanding dengan pelaksanaan aktual. Ditinjau dari segi waktu, metode pelaksanaan aktual memiliki waktu penyelesaian lebih cepat 74 hari (23,34 %) dibanding alternatif 1, lebih cepat 24 hari (7,57 %) dibanding alternatif 2, lebih cepat 55 hari (17,35 %) dibanding alternatif 3.

5. Nama : **Ipul Harryadi** tahun **2005** telah melakukan penelitian tentang : *Alternatif Metode Pelaksanaan Pekerjaan Proyek Jembatan Besuk Kobo'an Lumajang.*

Pemilihan metode pelaksanaan yang tepat dalam melaksanakan pekerjaan konstruksi, akan mempengaruhi waktu dan biaya pelaksanaannya. Beberapa faktor yang mendasari pemilihan suatu metode pelaksanaan, diantaranya adalah : kondisi sekitar proyek, besarnya biaya dan waktu pelaksanaannya. Pada tugas akhir ini akan dibandingkan beberapa metode pelaksanaan, sekaligus memilih metode pelaksanaan yang sesuai untuk dilaksanakan sebagai studi kasus pada pembangunan Jembatan Besuk Kobo'an Lumajang.

Pemilihan dilakukan didasarkan atas biaya dan waktu pelaksanaannya. Jembatan Besuk Kobo'an mempunyai struktur utama dari beton bertulang, karena itu peninjauan jenis pekerjaan hanya dilakukan pada bagian ini, seperti pekerjaan abutment, pondasi pelengkung, balok pelengkung, kolom, lantai kendaraan, balok memanjang/melintang dan trotoar. Sedangkan sub - sub pekerjaan yang dianalisa metode pelaksanaannya meliputi pekerjaan penggunaan bekisting konvensional menjadi bekisting semi konvensional dan sistim PERI, pekerjaan pengecoran yang dilakukan secara konvensional menjadi cara modern menggunakan concrete pump dan alat bantu lainnya serta pekerjaan pembesian yaitu dengan pemotongan dan pembengkokan secara mekanis. Dari hasil perhitungan dan evaluasi maka penggunaan bekisting sistim PERI, pengecoran menggunakan cara modern dan pembesian secara mekanis merupakan hal yang terbaik untuk digunakan dalam proyek ini.

6. Nama : **Astri Novita** tahun **2007** telah melakukan penelitian tentang : Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting Sistem Peri Ditinjau Dari Segi Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Proyek Apartement Salemba Residence.

Penentuan metode bekisting yang akan digunakan dalam suatu proyek faktor pertimbangan yang diperhitungkan. faktor yang paling menentukan adalah biaya dan waktu pelaksanaan. Murah dari segi biaya dan cepat dari segi waktu, inilah yang menjadi tujuan setiap pemborong kerja dalam menentukan metode kerjanya. Penelitian ini membandingkan antara 2 (dua) buah metode bekisting yaitu sistem

PERI dan Konvensional. Hal ini ditujukan untuk mencari metode bekisting yang paling optimal dari segi waktu dan biaya. Studi kasus yang diambil pada proyek *Apartment Salemba Residence*. Jenis bekisting yang ditinjau adalah bekisting balok, plat lantai, kolom dan dinding.

Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian ini yaitu melakukan analisa perbandingan terhadap biaya dan waktu. Analisa perbandingan tersebut terdiri dari perencanaan komposisi material dan alat bekisting, desain gambar bekisting, perhitungan pemakaian material dan alat, analisa harga material, alat, dan upah harian pekerja, analisa waktu efektif pekerjaan, analisa upah borong pekerjaan, parameter pendukung analisa harga satuan, analisa harga satuan pekerjaan bekisting, biaya total pekerjaan bekisting, dan perbandingan biaya dan waktu pekerjaan. Dari analisa didapatkan beberapa perbedaan antara bekisting metode konvensional dengan sistem PERI.

2.18 PERBEDAAN PENELITIAN

Pada penelitian ini, penulis mencoba melakukan pendekatan dengan menerapkan model-model metode pelaksanaan pada pekerjaan bekisting pada bangunan bertingkat banyak dengan bentuk lantai tipikal tiap lantainya. Pendekatan ini dilakukan dengan membagi area kerja menjadi zona-zona pekerjaan bekisting atau zona pengecoran yaitu : 4 zona, 2 zona dan 1 zona, dengan menetapkan target penyelesaian tiap lantai dengan interval waktu yang berbeda-beda yaitu 10 hari, 8 hari dan 5 hari untuk masing-masing model pembagian zona nya. Kemudian menganalisa biaya dan waktu yang diperlukan untuk masing-masing model tersebut.

Dengan langkah ini, diharapkan penulis memperoleh suatu gambaran mengenai perbedaan yang diperoleh setelah dilakukan analisa dan pembahasan, sehingga penulis dapat menarik suatu kesimpulan model mana yang paling efisien untuk pelaksanaan pada proyek yang ditinjau.