

STUDI EFISIENSI PENGGUNAAN BAJA PROFIL CNP SEBAGAI PENGGANTI BALOK KAYU PADA BEKESTING SEMI SISTEM

Abdullah Latip¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Conventional formwork materials are usually made of wooden boards and beams of various sizes. The main deficiency of wood material is the price is quite expensive, the strength is not uniform/homogeneous and the amount of material is wasted during the assembly and disassembly process. This is certainly a disadvantage for the owner or contractor. It is therefore necessary to consider using other materials that are more durable and have better strength. In this research the author tried to compare the efficiency level of the replacement of wood with steel material of CNP shaped. The author chose this profile because it is easy to get in the market and the price is relatively affordable, besides this profile size is also close to the size of wooden beams that are often used in conventional formwork

Keywords: *Formwork, Wood, CNP Steel, Cost Efficiency.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi di Indonesia dapat dilihat dengan semakin banyaknya inovasi yang digunakan dalam proses konstruksi. Saat ini, teknologi sangat berperan besar untuk mempermudah proses yang dilakukan pada suatu proyek konstruksi. Salah satu contoh penerapan teknologi pada proses konstruksi adalah teknologi cetakan beton atau bekisting. Bekisting merupakan struktur sementara karena sampai batas waktu tertentu akan dibongkar, sedangkan struktur beton merupakan struktur permanen. Struktur-struktur sementara adalah sebagai alat penghubung antara desain dan pelaksanaan konstruksi. Struktur-struktur permanen tidak bisa dibangun tanpa struktur-struktur sementara tersebut.

Sebuah konstruksi bekisting harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Syarat ini harus dipenuhi mengingat bekisting adalah pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang pada bangunan bertingkat serta memerlukan biaya yang besar untuk membuatnya.

Material bekisting konvensional biasanya dari kayu yang berbentuk papan dan balok dengan berbagai ukuran. Kekurangan utama dari material kayu adalah harga yang cukup mahal, kekuatan yang tidak seragam/homogen dan banyaknya material terbuang pada saat proses bongkar pasang. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi para pelaku dunia konstruksi baik owner maupun kontraktor pelaksana. Dengan demikian perlu dipikirkan untuk menggunakan material lain yang lebih tahan lama dan memiliki kekuatan yang lebih baik. Dalam penelitian ini penulis mencoba untuk membandingkan tingkan efisiensi penggantian kayu dengan material baja berbentuk profil baja CNP. Penulis memilih profil ini karena mudah didapatkan di pasaran dan harga relatif terjangkau, selain itu ukuran profil ini juga mendekati ukuran balok kayu yang sering digunakan pada bekisting konvensional. Persyaratan umum dalam mendesain suatu struktur, baik struktur permanen maupun sementara seperti bekisting setidaknya ada 3 persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Syarat Kekuatan, yaitu bagaimana material bekisting seperti balok kayu tidak patah ketika menerima beban yang bekerja.
2. Syarat Kekakuan, yaitu bagaimana material bekisting tidak mengalami perubahan bentuk/deformasi yang berarti, sehingga tidak membuat struktur sia-sia.
3. Syarat Stabilitas, yang berarti bahwa balok bekisting dan tiang/perancah tidak runtuh tiba-tiba akibat gaya yang bekerja.

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

1. Kualitas : Bekisting harus didesain dan dibuat dengan kekakuan (stiffness) dan keakurasian sehingga bentuk, ukuran, posisi dan penyelesaian dari pengecoran dapat dilaksanakan sesuai gambar desain.
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.

¹ Korespondensi penulis: Abdullah Latip, Telp 08114007399, latip-uh03@poliupg.ac.id

3. Ekonomis ; Bekisting harus di buat secara efisien, meminimalisasi waktu dan biaya dalam proses pelaksanaan dan jadwal proyek demi keuntungan kontraktor dan owner (pemilik).

Bekisting adalah cetakan beton yang merupakan konstruksi sementara yang di dalamnya, atau di atasnya dapat disetel baja tulangan dan sebagai wadah dari adonan beton yang dicor sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Beberapa pendapat para ahli mengenai bekisting antara lain:

- a. Bekisting merupakan pekerjaan yang penting didalam pelaksanaan pekerjaan beton, karena bentuk, posisi, serta ukuran dari beton ditentukan oleh pekerjaan bekisting dan sebagai struktur penyangga sementara bagi seluruh beban pada pekerjaan beton, serta pertimbangan-pertimbangan optimasi biaya dalam perencanaan bekisting untuk pekerjaan beton dimana akan melibatkan beberapa faktor biaya, seperti:
 1. Harga bahan
 2. Upah pembuatan, pemasangan dan pembongkaran
 3. Biaya penggunaan alat-alat
 4. Siklus pemakaian ulang pada material bekisting.
- b. Usaha-usaha pengendalian biaya merupakan salah satu potensi untuk dalam penghematan total biaya proyek yang akan di keluarkan meliputi:
 1. Dalam perancangan suatu sistem agar selalu memperhatikan aspek biaya
 2. Menghindari rancangan yang berlebihan
 3. Menggunakan pendekatan berdasarkan optimasi desain.

Bagian pekerjaan bekisting ini sangat penting didalam seluruh pelaksanaan pekerjaan beton, karena pekerjaan ini akan menentukan posisi , ukuran serta bentuk dari beton yang dicetak. Bekisting juga berfungsi sebagai struktur penyangga sementara bagi seluruh beban yang ada sebelum struktur beton berfungsi penuh. Beban tersebut bahan – bahan, alat – alat dan pekerja yang bekerja.

Bahan bekisting dapat dikatakan baik apabila memenuhi beberapa persyaratan, antara lain tidak bocor dan tidak menghisap air dalam campuran beton, harus mempunyai tekstur seperti yang ingin dihasilkan, kekuatan bekisting harus diperhatikan, dimensi sesuai dengan perencanaan. Ketelitian (presisi) ukuran (siku, lurus, dimensi tepat), kebersihan dalam bekisting diperiksa sebelum penuangan beton, mudah untuk penyetulan dan pembongkaran.

Tipe Bekisting

Secara garis besar tipe dari bekisting dibedakan menjadi 3, yaitu :

a. Bekisting Konvensional

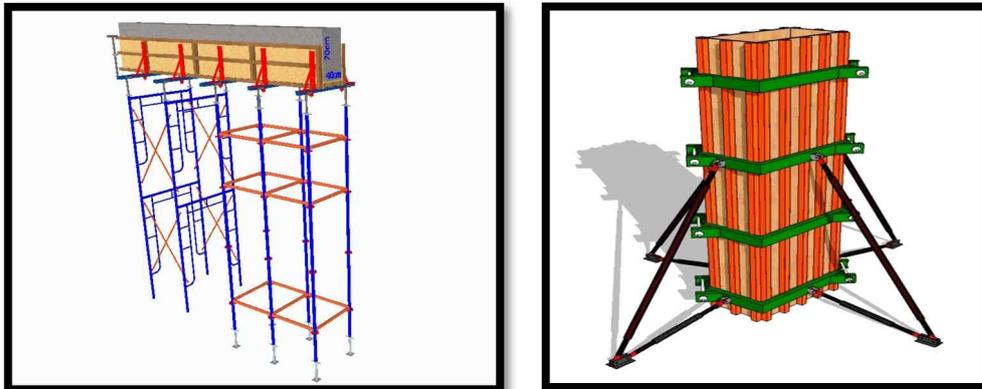
Bekisting konvensional adalah bekisting kontak yang terdiri dari kayu papan dengan perkuatan kayu kaso. Bekisting jenis ini adalah bekisting yang setiap kali setelah dilepas dan dibongkar menjadi bagian dasar, dapat disusun menjadi sebah bentuk lain. Pada umumnya bekisting kontak terdiri dari kayu papan, sedangkan untuk penopang disusun dari kayu balok dan dari stempel-stempel baja (pada lantai). Penggunaan material pada sistem ini hanya beberapa kali pengulangan dan untuk konstruksi yang rumit harus banyak dilakukan penggantian. Dalam hal biaya, investasi bekisting konvensional pada awalnya dapat dikatakan rendah, akan tetapi karena adanya penggantian pada saat pelaksanaan yang akan memakan waktu, bahan dan ongkos kerja.



Gambar 1. Bekisting Konvensional

b. Bekisting Semi Sistem

Tipe bekisting semi modern merupakan bekisting yang peralatan dan perlengkapannya menggunakan gabungan antara kayu dan bahan fabrikasi. Kelebihan dari bekisting ini adalah adanya penghematan biaya karena kayu bukan material utama pada bekisting jenis ini. Kayu hanya digunakan pada bagian tertentu menggunakan bahan plywood.



Gambar 2. Bekisting Semi Sistem (Baja Profil)

c. Bekisting Sistem

Keseluruhan material yang digunakan pada sistem ini adalah material-material fabrikasi. Karena pemasangannya sudah sangat disederhanakan, segi kerja teknisnya pun sangat ringan. Akan tetapi, pembelian bekisting ini sangat mahal.



Gambar 3. Bekisting Sistem

Kontrol Kekuatan Bekisting Semi Sistem

1. Tahanan lentur

$$\sigma = \frac{M_m}{W_x} < 0,9 f \tag{1}$$

σ = Tegangan yang terjadi pada Profil Baja (N/mm² atau MPa)

M_{max} = Momen Maksimum yang terjadi (N.mm)

W_x = Momen Lawan Profil Baja (mm³)

2. Tahanan geser

$$\sigma = \frac{V_m}{A} < 0,75 f \tag{2}$$

V_{max} = Gaya geser maksimum (N)

A_w = Luas penampang web profil baja CNP (mm²)

3. Kontrol lendutan

a. Lendutan ijin (f_{ijin})

$$f_i = \frac{L}{4} \tag{3}$$

L = panjang bentang (mm)

b. Lendutan maksimum (f_{max})

$$f_m = \frac{5}{3} \frac{wL^4}{E \cdot I} \tag{4}$$

I = momen inersia (mm⁴)

L = panjang bentang (mm)

w = pembebanan (kN/m)

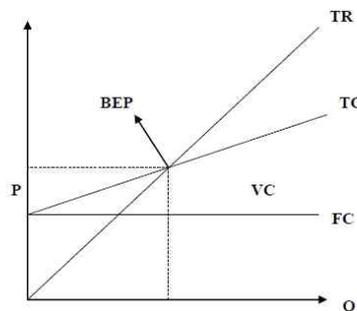
E' = modulus elastisitas (MPa)

Break Even Point (Titik Impas)

Break Even Point (BEP) dapat diartikan sebagai suatu titik atau keadaan dimana perusahaan di dalam operasinya tidak memperoleh keuntungan dan tidak menderita kerugian. Biaya yang dikeluarkan perusahaan dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Variabel Cost (biaya Variabel)
Variabel cost merupakan jenis biaya yang selalu berubah sesuai dengan perubahan volume penjualan, dimana perubahannya tercermin dalam biaya variabel total. Dalam pengertian ini biaya variabel dapat dihitung berdasarkan persentase tertentu dari penjualan, atau variabel cost per unit dikalikan dengan penjualan dalam unit.
- b. Fixed Cost (biaya tetap)
Fixed cost merupakan jenis biaya yang selalu tetap dan tidak terpengaruh oleh volume penjualan melainkan dihubungkan dengan waktu(function of time) sehingga jenis biaya ini akan konstan selama periode tertentu. Contoh biaya sewa, depresiasi, bunga. Berproduksi atau tidaknya perusahaan biaya ini tetap dikeluarkan.
- c. Semi Variabel Cost
Semi variabel cost merupakan jenis biaya yang sebagian variabel dan sebagian tetap, yang kadang-kadang disebut dengan semi fixed cost. Biaya yang tergolong jenis ini misalnya: Sales expense atau komisi bagi salesman dimana komisi bagi salesman ini tetap untuk range atau volume tertentu, dan naik pada level yang lebih tinggi.

Analisis break event point dengan pendekatan grafis dengan suatu grafik yang disebut bagan break event point. Perhitungan break event point dapat dilakukan dengan cara menemukan titik pertemuan atau titik potong antara garis pendapatan penjualan dengan titik biaya. Titik pertemuan tersebut merupakan titik break event point. Dalam penelitian ini BEP digunakan sebagai parameter untuk menentukan pada volume berapa meter persegi harga bekesting semi system telah menyamai harga bekesting konvensional, dimana kita ketahui bahwa bekesting semi sitem membutuhkan investasi awal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan bekesting konvensional. Hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, total pendapatan penjualan dan total biaya dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut ini:



Keterangan:
 TR = Total Revenue
 TC = Total Cost
 VC = Variabel Cost
 FC = Fixed Cost
 P = Price
 Q = Quantity

Gambar 4. Grafik Break Even Point (BEP)

2. METODE PENELITIAN



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Kampus STIBA di kota Makassar, khususnya pada Gedung Female Class dan Male Class. Objek bekesting yang ditinjau pada balok.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey pada proyek tersebut diatas terdapat perbedaan penggunaan material pada kedua jenis bekesting yaitu pada bekesting konvensional menggunakan kayu hampir pada semua komponen bekesting, sedangkan pada bekesting semi sistem menggunakan perpaduan material kayu dan baja profil. Untuk memastikan bahwa penggantian material kayu dengan material baja profil aman dalam menerima beban maka dilakukan analisis terhadap kekuatan dan kekakuan profil baja seperti yang ditampilkan pada tabel 1 dibawah. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa seluruh material pengganti telah memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sebagai pengganti material kayu pada bekesting semi sistem.

Tabel 1. Hasil analisis kekuatan dan kekakuan bekesting semi sistem

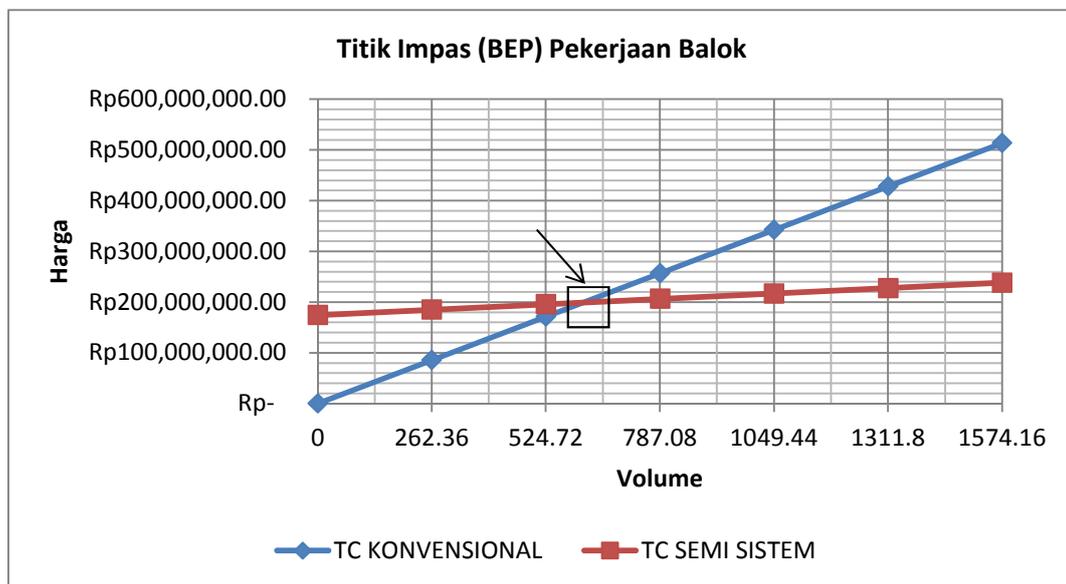
Bekisting Semi Sistem	Hasil perhitungan			
	Persyaratan	Kondisi Aktual		Syarat
Kolom (Baja kanal)	Tahanan Lentur	57.43 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	31.708 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	0.67 mm	≤	2,67 mm
Balok (Baja siku)	Tahanan Lentur	132.45 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	7.2 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	3.47 mm	≤	4 mm
Gelagar utama (Baja kanal)	Tahanan Lentur	4.34 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	2.4 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	0.67 mm	≤	2.67 mm
Gelagar anak (Hollow)	Tahanan Lentur	104.94 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	2 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	3.47 mm	≤	4 mm

Berdasarkan hasil analisa harga satuan pekerjaan baik untuk bekesting konvensional maupun bekesting semi sistem maka diperoleh harga total pekerjaan seperti yang terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan total biaya kedua jenis bekesting

Volume (m ²)	Total Biaya Bekesting Konvensional	Total Biaya Bekesting Semi Sistem
0	Rp -	Rp 174.256.708,26
262,36	Rp 85.593.848,09	Rp 184.912.354,72
524,72	Rp 171.187.696,18	Rp 195.568.001,17
787,08	Rp 256.781.544,26	Rp 206.223.647,63
1049,44	Rp 342.375.392,35	Rp 216.879.294,09
1311,80	Rp 427.969.240,44	Rp 227.534.940,54
1574,16	Rp 513.563.088,53	Rp 238.190.587,00

Berdasarkan grafik BEP diatas terlihat bahwa pada awal proyek total cost pekerjaan bekesting semi sistem cukup besar, hal ini akibat mahalnya biaya pengadaan material. Namun dengan bertambahnya volume pekerjaan, harga bekesting konvensional akan semakin meningkat sedangkan bekesting semi kenaikan harga cenderung lebih sedikit karena material yang digunakan lebih awet dan dapat dipakai secara berulang. Pada saat volume kerja melebihi 750 m² maka total biaya bekesting konvensional menjadi lebih mahal jika dibandingkan dengan bekesting semi sistem.



Gambar 6. Grafik penentuan BEP Bekesting Semi Sistem

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Hasil analisis kekuatan dan kekakuan profil baja sebagai pengganti material kayu telah memenuhi persyaratan baik lentur, geser maupun lendutan ijin.
2. Pada awal proyek biaya pengadaan material bekesting semi sistem cukup mahal, namun seiring bertambahnya volume kenaikan biaya cenderung lebih kecil karena material yang dapat dipakai berulang.
3. Pada saat volume pekerjaan melebihi 750 m² maka total biaya bekesting konvensional menjadi lebih mahal jika dibandingkan dengan bekesting semi sistem.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustinus Wicaksono, Paduan Konsumen Memilih Konstruksi Baja Ringan Ed.1., Yogyakarta:Penerbit CV.Andi Offset, 2011
- [2] American Institute of Steel Construction, inc, *Manual of Steel Constuction Allowable Stress Design*. Chicago, 1989
- [3] Badan Standarisasi Nasional, SNI 2017-2018 Pekerjaan Arsitektural Dan Sipil.Analisa Harga Satuan Pekerjaan Data Pembaruan dan Penyesuaian, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017

- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7973-2013. *Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2013
- [5] Dipohusodo,I., *Struktur Beton*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1994
- [6] Esti Legstyana, *Komparasi Biaya Pelaksanaan Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting Sistem Peri*, Surakarta: Penerbit Universitas Sebelas Maret, 2012
- [7] Oenteng, *Konstruksi Baja Ed.1 Cet Ke-2*. Yogyakarta: Penerbit LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya Dan Andi Yogyakarta, 2002
- [8] Rudi Gunawan, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Yogyakarta:Penerbit.Kasinius, 1988
- [9] Sony Prakoso Nugroho, *Analisis Perbandingan Biaya Bekisting Antara Bekisting Multiplek Dan Bekisting Tegofilm Untuk Kolom Gedung Bertingkat*.Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018
- [10] Wigbout, F. Ing., *Buku Pedoman Tentang Bekisting (Kotak Cetak) Diterjemahkan oleh: Hendarsin H.* Jakarta: Erlangga, 1992
- [11] Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.1978.Peraturan konstruksi Kayu Indonesia NI-5 PKKI 1961