

BAB V

DATA ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan biaya bekisting konvensional dan bekisting semi-sistem. Untuk memperoleh hasil sesuai tujuan penelitian ini maka dilakukan perbandingan biaya pemasangan bekisting konvensional dan bekisting semi-sistem dengan menggunakan data proyek The Green Park Apartemen and Mall sebagai obyek penelitian. Berikut data proyek The Green Park Apartemen and Mall:

Nama proyek	:	The Green Park Apartemen and Mall
Lokasi proyek	:	Jl. KH. Maulana Hasanudin, Batuceper, Kota Tangerang
Owner / Developer	:	PT. Panca Bumi Properti
Jumlah lantai	:	25 lantai dan 3 basemant

5.2 Menghitung Volume Pekerjaan Kolom

5.2.1 Dimensi dan Letak Kolom Tiap Lantai

Berdasarkan pada gambar rencana struktur Proyek The Green Park Apartemen and Mall bentuk kolom yang digunakan yaitu kolom persegi dan kolom persegi panjang. Pada perencanaan proyek ini digunakan 16 jenis kolom dengan 23 dimensi kolom yang berbeda. Detail jenis dan dimensi kolom dapat dilihat pada Tabel 5.1.

5.2.2 Luas Bekisting Dan Jumlah Kolom Tiap Lantai

Luas bekisting kolom K1 (60/100) dengan tinggi kolom 350 dicari dengan pers. (3. 4) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L &= ((2xb) + (2xh)) \times H \\ &= ((2 \times 60 \text{ cm}) + (2 \times 100 \text{ cm})) \times 350 \text{ cm} \\ &= 112000 \text{ cm}^2 \\ &= 11,2 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas kolom lainnya dihitung dengan cara yang sama. Luas dan jumlah kolom dapat dilihat pada lampiran 1. Untuk memudahkan penghitungan, dilakukan tabulasi kolom didasarkan pada ukuran kolom seperti pada tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Tabulasi Dimensi Kolom

Kolom	Jumlah	Luas (m ²)	Volume (m ³)
70/180	20	17,5	350
60/180	16	16,8	268,8
60/120	28	12,6	352,8
60/100	28	11,2	313,6
50/170	8	15,4	123,2
50/160	8	14,7	117,6
50/150	8	14	112
50/140	8	13,3	106,4
50/130	8	12,6	100,8
50/120	16	11,9	190,4
50/110	60	11,2	672
50/100	100	10,5	1050
50/90	52	9,8	509,6
50/80	32	9,1	291,2
50/70	32	8,4	268,8
50/60	20	7,7	154
45/80	61	8,75	533,75
45/70	28	8,05	225,4
45/60	11	7,35	80,85
45/45	16	6,3	100,8
40/100	36	9,8	352,8
40/90	52	9,1	473,2
40/80	52	8,4	436,8
Total	700		7126

5.3 Analisis Biaya Bekisting Konvensional

5.3.1 Analisis Harga Satuan Bekisting

Indeks yang digunakan didasarkan pada SNI 7394:2008 tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Bangunan Gedung Dan Perumahan. Sedangkan upah tenaga kerja didasarkan pada Peraturan Gubernur

Provinsi Daerah Khusus Ibu kota Jakarta Nomor 16 Tahun 2018 tentang Upah Minimum Sektor Provinsi. Sedangkan harga material diperoleh dari TB. Radi. Pemasangan 1 m² bekisting kolom dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Biaya Pemasangan 1 m² Bekisting Konvensional

Uraian	Sat.	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
A. Tenaga kerja				
Pekerja	OH	0.66	138.077,00	Rp 91.130,82
Tukang kayu	OH	0.33	158.789,00	Rp 52.400,37
Kepala tukang	OH	0.033	173.978,00	Rp 5.741,27
Mandor	OH	0.033	185.023,00	Rp 6.105,76
Jumlah upah tenaga kerja				Rp155.378,22
B. Bahan				
Kayu Meranti 6x12	m ³	0.04	Rp2.800.000,00	Rp112.000,00
Paku 5 cm - 12 cm	Kg	0.4	Rp16.000,00	Rp 6.400,00
Minyak bekisting	ltr	0.2	Rp15.000,00	Rp 3.000,00
kayu Meranti 5x7	m ³	0.015	Rp2.808.000,00	Rp 42.120,00
Multiplek 15 mm	Lbr	0.35	Rp190.000,00	Rp 66.500,00
Dolken kayu galam, Ø (8-10) cm, panjang 4 m	Btg	2	Rp25.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah harga bahan				Rp280.020,00
Biaya per 1 m² bekisting kolom				Rp 435.398,22

Pada pemakaian pertama, multiplek tidak mengalami kerusakan. Pada pemakaian berikutnya, multiplek mengalami kerusakan sebesar 15% akibat pembongkaran bekisting. Begitu juga untuk pemakaian ketiga, multiplek mengalami kerusakan 30% dari pemakaian pertama, hal ini didasarkan pada laporan tugas akhir Nugroho (2018). Berikut ini adalah harga satuan multiplek 1 m² pemakaian kedua dan pemakaian ketiga :

$$\begin{aligned} \text{Harga Multiplek pemakaian kedua} &= 15 \% \times \text{Rp } 66.500,00 \\ &= \text{Rp } 9.975,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Multiplek pemakaian kedua} &= 30 \% \times \text{Rp } 66.500,00 \\ &= \text{Rp } 19.950,00 \end{aligned}$$

Biaya bahan pada pemakaian kedua dan ketiga, Selain minyak bekisting, diasumsikan dapat digunakan kembali tanpa perbaikan. Sedangkan biaya tenaga kerja sama seperti pada pemakaian pertama. Biaya 1 m² bekisting pemasangan kedua dan ketiga dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 5.3 Biaya Pemakaian Kedua 1 m² Bekisting Konvensional

Uraian	Sat.	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
A. Tenaga kerja				
Pekerja	OH	0.66	138.077,00	Rp91.130,82
Tukang kayu	OH	0.33	158.789,00	Rp52.400,37
Kepala tukang	OH	0.033	173.978,00	Rp5.741,27
Mandor	OH	0.033	185.023,00	Rp6.105,76
Jumlah upah tenaga kerja				Rp155.378,22
B. Bahan				
Minyak bekisting	ltr	0.2	Rp15.000,00	Rp3.000,00
Multiplek 15 mm	Lbr	0.35	-	Rp 9.975,00
Jumlah harga bahan				Rp 12.975,00
Biaya per 1 m² bekisting kolom				Rp 168.353,22

Pada pemakaian ketiga, harga multiplek adalah 30% dari biaya multiplek pertama.

Tabel 5.4 Biaya Pemakaian 1 m² Ketiga Bekisting Konvensional

Uraian	Sat.	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
A. Tenaga kerja				
Pekerja	OH	0.66	138.077,00	Rp91.130,82
Tukang kayu	OH	0.33	158.789,00	Rp52.400,37
Kepala tukang	OH	0.033	173.978,00	Rp5.741,27

Lanjutan Tabel 5.4 Biaya Pemakaian 1 m² Ketiga Bekisting Konvensional

Uraian	Sat.	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
Mandor	OH	0.033	185.023,00	Rp 6.105,76
Jumlah upah tenaga kerja				Rp 155.378,22
B. Bahan				
Minyak bekisting	ltr	0.2	15.000,00	Rp 3.000,00
Multiplek 15 mm	Lbr	0.35	-	Rp 19.950,00
Jumlah harga bahan				Rp 22.950,00
Biaya per 1 m² bekisting kolom				Rp 178.328,22

5.3.2 Rekapitulasi Biaya Bekisting Kolom

Pada pemakaian kedua, biaya multiplek per m² yang dimasukkan adalah biaya *waste* sebesar Rp 9.712,50.

Analisis biaya bekisting pada kolom 60/100 sebanyak 28 dengan pemasangan pertama sebanyak 10 kali, pemakaian kedua 9 kali dan pemakaian ketiga 9 kali, maka perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bekisting} &= ((2 \times 60) + (2 \times 100)) \times 350 &= 11,2 \text{ m}^2 \\
 \text{Biaya per 1 m}^2 &= \text{Rp } 435.398,22 \\
 \text{Pemasangan pertama} &= \text{Luas bekisting} \times \text{biaya 1 m}^2 \text{ pemasangan pertama} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 435.398,22 &= \text{Rp } 4.876.460,10 \\
 &= 10 \times \text{Rp } 4.876.460,10 &= \text{Rp } 48.764.600,98 \\
 \text{Pemakaian kedua} &= \text{Luas bekisting} \times \text{biaya 1 m}^2 \text{ pemakaian kedua} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 168.353,22 &= \text{Rp } 1.885.556,10 \\
 &= 9 \times \text{Rp } 1.885.556,10 &= \text{Rp } 16.970.004,88 \\
 \text{Pemakaian ketiga} &= \text{Luas bekisting} \times \text{biaya 1 m}^2 \text{ pemakaian ketiga} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 178.328,22 &= \text{Rp } 1.997.276,10 \\
 &= 9 \times \text{Rp } 1.997.276,10 &= \text{Rp } 17.128.764,88 \\
 \text{Biaya total} &= \text{Rp } 83.710.090,73
 \end{aligned}$$

Analisis biaya kolom lainnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Biaya Bekisting Konvensional

Kolom	Luas (m ²)	Jumlah	Biaya pemakaian pertama	Biaya pemakaian kedua	Biaya pemakaian Ketiga	Biaya Total
70/180	17,50	20	Rp 53.336.282,32	Rp 20.623.269,82	Rp 18.724.463,42	Rp 92.684.015,55
60/180	16,80	16	Rp 43.888.140,88	Rp 14.141.670,73	Rp 14.979.570,73	Rp 73.009.382,34
60/120	12,60	28	Rp 54.860.176,10	Rp 19.091.255,49	Rp 20.222.420,49	Rp 94.173.852,07
60/100	11,20	28	Rp 48.764.600,98	Rp 16.970.004,88	Rp 17.975.484,88	Rp 83.710.090,73
50/170	15,40	8	Rp 20.115.397,90	Rp 7.777.918,90	Rp 5.492.509,27	Rp 33.385.826,07
50/160	14,70	8	Rp. 19.201.061,63	Rp 7.424.377,13	Rp 5.242.849,76	Rp 31.868.288,52
50/150	14,00	8	Rp 18.286.725,37	Rp 7.070.835,37	Rp 4.993.190,24	Rp 30.350.750,98
50/140	13,30	8	Rp 17.372.389,10	Rp 6.717.293,60	Rp 4.743.530,73	Rp 28.833.213,43
50/130	12,60	8	Rp 16.458.052,83	Rp 6.363.751,83	Rp 4.493.871,22	Rp 27.315.675,88
50/120	11,90	16	Rp 31.087.433,12	Rp 10.017.016,77	Rp 10.610.529,27	Rp 51.714.979,16
50/110	11,20	60	Rp 97.529.201,95	Rp 37.711.121,95	Rp 39.945.521,95	Rp 175.185.845,86
50/100	10,50	100	Rp 155.437.165,61	Rp 58.334.391,77	Rp 61.790.729,27	Rp 275.562.286,65
50/90	9,80	52	Rp 76.804.246,54	Rp 28.047.646,95	Rp 29.709.481,95	Rp 134.561.375,44
50/80	9,10	32	Rp 43.583.362,12	Rp 16.852.157,62	Rp 16.227.868,29	Rp 76.663.388,04
50/70	8,40	32	Rp 40.230.795,81	Rp 15.555.837,81	Rp 14.979.570,73	Rp 70.766.204,34
50/60	7,70	20	Rp 23.467.964,22	Rp 9.074.238,72	Rp 8.238.763,90	Rp 40.780.966,84
45/80	8,75	61	Rp 80.004.423,48	Rp 29.461.814,03	Rp 31.207.439,03	Rp 140.673.676,53
45/70	8,05	28	Rp 35.049.556,95	Rp 12.197.191,01	Rp 12.919.879,76	Rp 60.166.627,71
45/60	7,35	11	Rp 12.800.707,76	Rp 4.949.584,76	Rp 3.932.137,32	Rp 21.682.429,83
45/45	6,30	16	Rp 16.458.052,83	Rp 5.303.126,52	Rp 5.617.339,02	Rp 27.378.518,38
40/100	9,80	36	Rp 51.202.831,02	Rp 19.798.339,02	Rp 20.971.399,02	Rp 91.972.569,07
40/90	9,10	52	Rp 71.318.228,93	Rp 26.044.243,60	Rp 27.587.376,10	Rp 124.949.848,62
40/80	8,40	52	Rp 65.832.211,32	Rp 24.040.840,24	Rp 25.465.270,24	Rp 115.338.321,81
Total Biaya Bekisting Konvensional						Rp 1.902.728.133,86

5.4 Analisis Biaya Bekisting Semi-sistem

5.4.1 Perencanaan dan desain bekisting

Demi keamanan dan keselamatan bekisting, perlu dilakukan perencanaan perhitungan yang baik. Untuk itu diperlukan pedoman dalam perhitungan. Berikut pedoman ketentuan yang digunakan pada perencanaan ini :

1. Tekanan horisontal spesi beton (q)

Tekanan maksimum beton didasarkan pada beban tekanan samping yang disederhanakan didasarkan pada 3.4.4 digunakan 92 kN/m^2 atau $0,092 \text{ N/mm}^2$

2. Tegangan (σ), dan Modulus Elastisitas (E)

a. Multiplek

Digunakan multiplek dengan tebal 18 mm dengan pemasangan searah serat kayu maka berdasarkan pada Tabel 3.4 18 mm

$$\sigma = 11,8 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 5900 \text{ N/mm}^2$$

b. Baja *hollow* didasarkan pada 3.6.3 kapasitas *hollow* digunakan :

$$\text{Tegangan baja } (\sigma) = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan geser baja } (\tau) = 100 \text{ N/mm}$$

$$\text{Modulus elastisitas } (E) = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

3. Kontruksi bekisting dibuat dalam pekerjaan kotor $f \leq 0,003$

4. Momen inersia dan momen lawan dengan persamaan pada Tabel 3.5

a. Multiplek berbentuk bersegi panjang dengan h tebal multiplek dan b 1 m

b. *Hollow* dihitung dengan persamaan pada Tabel 3.5

Perencanaan kebutuhan *hollow* pada luas bekisting satu m^2 dengan matrial yang digunakan yaitu *hollow* $50 \times 50 \times 2.3 \text{ mm}$ sebagai tiang dan juga sebagai pengunci.

5.4.1.1 Menentukan jarak tiang *hollow*

Jarak tiang ditentukan oleh ketebalan bekisting kontak. Bekisting kontak yang digunakan yaitu tegofilm 18 mm .

1. Berdasarkan kekuatan

Momen yang terjadi terhadap momen lawan bahan harus kurang atau sama dengan tegangan ijin bahan, maka

$$\frac{M}{W_{\text{multiplek}}} \leq \sigma_{\text{multiplek}}$$

$$M \leq \sigma_{\text{multiplek}} \times W_{\text{multiplek}}$$

$$\frac{q \cdot L^2}{10} \leq \sigma_{\text{multiplek}} \times W_{\text{multiplek}}$$

$$\frac{0,092 \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \cdot L^2}{10} \leq 11,8 \text{ N/mm}^2 \times 540 \times 10^2 \text{ mm}^3$$

$$L \leq 263,17 \text{ mm}$$

2. Berdasarkan lenturan

Lenturan yang terjadi tidak boleh lebih besar dari toleransi yang diberikan, maka

$$0,00677 \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} \leq 0,003 L$$

$$\frac{L^4}{L} \leq \frac{0,003 \cdot E \cdot I}{0,00677 \cdot q}$$

$$L^3 \leq \frac{0,003 \cdot 5900 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4860 \times 10^2 \text{ mm}^4}{0,00677 \cdot 0,092 \text{ N/mm}^2}$$

$$L \leq 239,92 \text{ mm}$$

Maka jarak tiang *hollow* ditentukan oleh lenturan bahan, dengan $L = 239 \text{ mm}$

5.4.1.2 Menentukan jarak pengunci perangkai atau pengikat *hollow*

Beban pengikat yang disederhanakan, maka :

$$q_2 = L_{\text{tiang}} \times q = 239 \times 0,092 = 22,07 \text{ N/mm}^2$$

1. Berdasarkan kekuatan

Momen yang terjadi terhadap momen lawan bahan harus kurang atau sama dengan tegangan ijin bahan, maka :

$$\frac{M}{W_{\text{hollow}}} \leq \sigma_{\text{hollow}}$$

$$M \leq \sigma_{\text{hollow}} \times W_{\text{hollow}}$$

$$\frac{q_2 L^2}{10} \leq \sigma_{\text{hollow}} \times W_{\text{hollow}}$$

$$\frac{22,07 \text{ N/mm}^2 \cdot L^2}{10} \leq 160 \text{ N/mm}^2 \cdot 35,77 \times 10^2 \text{ mm}^3$$

$$L \leq 509,187 \text{ mm}$$

2. Berdasarkan lenturan

Lenturan yang terjadi tidak boleh lebih besar dari toleransi yang diberikan, maka

$$0,00677 \cdot \frac{qL^4}{E \cdot I} \leq 0,003 L$$

$$\frac{L^4}{L} \leq \frac{0,003 \cdot E \cdot I}{0,00677 \cdot q}$$

$$L^3 \leq \frac{0,003 \cdot 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 \cdot 894,21 \times 10^2 \text{ mm}^4}{0,00677 \cdot 22,07 \text{ N/mm}^2}$$

$$L \leq 722,397 \text{ mm}$$

Maka jarak pengikat *hollow* ditentukan oleh kekuatan bahan, dengan $L = 509$ mm

5.4.1.3 Kontrol tegangan geser tiang

Untuk mengetahui besar tegangan geser perlu diketahui besar gaya geser lintang maksimum (R) yang disebabkan oleh tekanan-letakkan maksimum oleh spesi beton (P).

$$P = L_{\text{tiang}} \times L_{\text{pengikat}} \times q_{\text{horisantal beton}}$$

$$= 239 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 509 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 92 \text{ kN/m}^2$$

$$= 11,235 \text{ kN}$$

$$R = \frac{1}{2} \times P$$

$$= \frac{1}{2} \times 11,235 \text{ kN}$$

$$= 5,617 \text{ kN}$$

Besar tegangan geser yang terjadi pada tiang baja *hollow* tidak boleh lebih besar dari tegangan geser izin baja *hollow*.

$$\sigma_d \leq \tau_{\text{baja hollow}}$$

$$1,5 \times \frac{R}{H^2 - h^2} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

$$1,5 \times \frac{5,617 \times 10^3 \text{ N}}{50^2 - 47,7^2} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

$$18,749 \text{ N/mm}^2 \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

Dengan L tiang 239 mm dan L pengikat 509 mm tegangan geser aman tegangan ijin, maka L dapat dipakai.

5.4.1.4 Kontrol tegangan tekanan letakan antar tiang dan pengunci

$$\begin{aligned} P &= L_{\text{tiang}} \times L_{\text{pengikat}} \times q_{\text{horisantal beton}} \\ &= 239 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 509 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 92 \text{ kN/m}^2 \\ &= 10,240 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \sigma_{\text{ijin baja hollow}}$$

$$\frac{P}{2 \times b_{\text{tiang}} \times b_{\text{pengikat}}} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{10240 \text{ N}}{2 \times 50 \times 50} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

$$2,048 \text{ kN} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

5.4.1.5 Kontrol tenaga tie rod

Tie road yang digunakan baja dengan diameter $\varnothing 16$ mm, maka gaya tarik yang diperkenankan :

$$F = \frac{1}{4} \times \varnothing^2 \times \sigma_{\text{baja hollow}} = \frac{1}{4} \times 16^2 \times 160 = 10240 \text{ N}$$

Besar gaya tarik yang terjadi tidak boleh melebihi tidak boleh melebihi ijin, maka :

$$F_{\text{yang terjadi}} \leq F_{\text{ijin}}$$

$$L \times L_{\text{tiang}} \times q \leq F_{\text{ijin}}$$

$$L \times 239 \times 0,092 \leq 10240 \text{ N}$$

$$L \leq \frac{10240}{242 \times 0,092}$$

$$L \leq 463,91 \text{ mm}$$

jarak pengikat ditentukan oleh kekuatan tie rod, untuk memudahkan pemasangan L tiang dibulatkan menjadi 240 mm dan L pengikat dibulatkan menjadi 450 mm

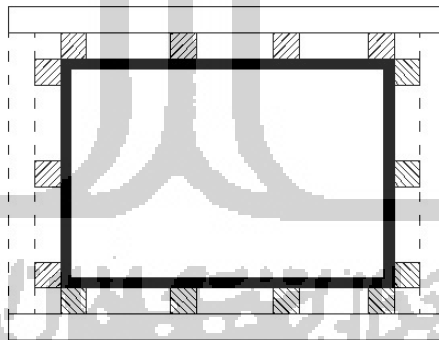
5.4.2 Kebutuhan *hollow* tiang dan pengikat dalam 1 m² bekisting

Perhitungan jarak tiang dan pengikat 1 m² bekisting, maka kebutuhan *hollow* didapatkan sebagai berikut :

$$\text{Tiang} = \left(\frac{b}{L_{\text{tiang}}} \right) + 1 = \left(\frac{100}{24} \right) + 1 = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Pengikat} = \left(\left(\frac{h}{L_{\text{Pengikat}}} \right) + 1 \right) = \left(\left(\frac{100}{45} \right) + 1 \right) = 3 \text{ buah}$$

Hollow yang digunakan untuk satu pengikat sebanyak dua buah, maka kebutuhan total pengikat sebanyak 6 buah *hollow*. Untuk 1 m² bekisting dibutuhkan tiang *hollow* sebanyak 5 buah, dengan tinggi bekisting 1 m maka kebutuhan tiang *hollow* adalah 5 meter. Sedangkan untuk panjang pengikat yang dipasang seperti tampak pada gambar 5.1, maka panjang *hollow* pengikat yaitu :



Gambar 5.1 Bekisting Kolom Tampak Atas

$$\begin{aligned} \text{Panjang pengikat} &= \text{Dimensi kolom} + 2(\text{tebal tegofil} + 2 \text{ lebar } \textit{hollow}) \\ &= 100 + 2(1,8 + 2,5) \\ &= 123,8 \text{ cm} \\ &= 124 \text{ cm} \\ \text{Panjang total pengikat} &= 124 \text{ cm} \times 6 \text{ bh} \\ &= 744 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang total pengikat dan tiang *hollow* sebesar 12,44 meter. Panjang satu buah *hollow* yaitu 6 m, maka kebutuhan *hollow* dalam 1 m² bekisting adalah $\frac{12,44}{6}$ atau 2,073 buah *hollow*.

5.4.3 Kebutuhan alat dan bahan dalam 1 m² bekisting semi-sistem

Alat yang digunakan meliputi *tie rod*, *wing nut*, *base plate*, *p-p prop*, *kickers brace*, dan *monas base*. Banyaknya alat penyangga didasarkan SNI 7394:2008 yaitu sebanyak dua buah. Sedangkan untuk *tie rod* dan *wing nut* dihitung secara teoritis seperti pada perhitungan panjang pengikat, maka dibutuhkan sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Tie rod} &= 100 + 2 \times (\text{tebal tegofilm} + 3B_{\text{hollow}}) \\
 &= 100 + 2 \times (1,8 + 3.5) \\
 &= 133,6 \text{ cm} \\
 \text{Kebutuhan total tie rod} &= \text{Banyak pengkita} \times 133,6 \text{ cm} \\
 &= 3 \times 133,6 \\
 &= 400,8 \text{ cm} \\
 &= 5 \text{ meter} \\
 \text{Wing Nut} &= \text{Banyak pengkita} \times 2 \\
 &= 3 \times 2 \\
 &= 6 \text{ buah} \\
 \text{Paku Skrup 1 tiang hollow} &= \left(\frac{100}{30}\right) + 1 \\
 &= 5 \text{ bh} \\
 \text{Kebutuhan total Paku Skrup} &= 5 \times 5 \\
 &= 25 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

5.4.4 Analisis harga satuan Bekisting Semi-sistem

Indeks bahan dan tenaga kerja didasarkan pada SNI 7394:2008 tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Bangunan Gedung Dan Perumahan. Sedangkan upah tenaga kerja didasarkan pada Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibu kota Jakarta Nomor 16 Tahun 2018 tentang Upah Minimum Sektor Provinsi. Pembuatan pertama 1 m² bekisting semi-sistem sebagai berikut.

Tabel 5.6 Pembuatan 1 m² Bekisting Kolom Semi-Sistem

Uraian	Satuan	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
A. Tenaga kerja				
Pekerja	OH	0,66	Rp138.077,00	Rp91.130,82
Tukang kayu	OH	0,33	Rp158.789,00	Rp52.400,37
Kepala tukang	OH	0,033	Rp173.978,00	Rp5.741,27
Mandor	OH	0,033	Rp185.023,00	Rp6.105,76
Jumlah upah tenaga kerja				Rp155.378,22
B. Bahan				
<i>Hollow</i>	Bh	2,073	Rp220.000,00	Rp366.666,67
Paku Skrup 3,5'	Bh	25	Rp500,00	Rp7.600,00
Minyak bekisting	Ltr	0,2	Rp15.000,00	Rp3.000,00
<i>Tie Rod</i>	m	5	Rp32.500,00	Rp120.240,00
<i>Wing Nut</i>	Bh	6	Rp19.500,00	Rp1.128.000,00
Penyangga 1 set	Bh	2	Rp1.425.000,00	Rp2.850.000,00
Tegofilm 18 mm	Lbr	0,35	Rp450.000,00	Rp157.500,00
Jumlah kebutuhan <i>hollow</i> dan alat				Rp3.601.133,33
Biaya total 1 m² bekisting semi-sistem				Rp3.756.511,56

Untuk pembuatan selanjutnya alat yang digunakan tidak perlu dihitung kembali, sehingga biaya pembuatan kedua dan seterusnya seperti berikut :

Tabel 5.7 Pembuatan Bekisting Kedua Dan Seterusnya

Uraian	Satuan	Indeks	Harga (Rp)	Harga Satuan (Rp)
A. Tenaga kerja				
Pekerja	OH	0,66	Rp138.077,00	Rp 91.130,82
Tukang kayu	OH	0,33	Rp158.789,00	Rp 52.400,37
Kepala tukang	OH	0,033	Rp173.978,00	Rp 5.741,27
Mandor	OH	0,033	Rp185.023,00	Rp 6.105,76
Jumlah upah tenaga kerja				Rp 155.378,22
B. Bahan				
<i>Hollow</i>	Bh	2,073	Rp220.000,00	Rp456.133,33
Paku Skrup 3,5'	Bh	25	Rp 500,00	Rp12.500,00
Minyak bekisting	Ltr	0,2	Rp15.000,00	Rp3.000,00
Tegofilm 18 mm	Lbr	0,35	Rp450.000,00	Rp157.500,00
Jumlah kebutuhan <i>hollow</i> dan alat				Rp629.133,33
Biaya total 1 m² bekisting semi-sistem				Rp784.511,56

Bahan yang dihitung saat pemasangan bekisting yaitu minyak bekisting sedangkan upah tenaga kerja berdasarkan wawancara langsung sebesar Rp. 30.000,00 per meter persegi. Sehingga biaya pemasangan bekisting per meter persegi yaitu :

Tabel 5.8 Biaya Bongkar Pasang 1 m² Bekisting Semi-Sistem

Uraian	Satuan	Biaya
Upah tenaga kerja	m ²	Rp 30.000,00
Minyak bekisting	ltr	Rp. 3.000,00
Biaya pemasangan		Rp. 33.000,00

5.4.5 Analisis Biaya Total Bekisting Semi-sistem

Pada kolom 60/100 dengan luas 11,2 m² sebanyak 28 buah, dengan rencana bekisting dapat digunakan sebanyak 10 kali, maka dibutuhkan tiga kali pembuatan bekisting semi-sistem tipe 60/100, biaya yang dibutuhkan sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Pembuatan pertama} &= \text{Luas bekisting} \times \text{Biaya Pembuatan pertama } 1 \text{ m}^2 \\
 &\quad \text{bekisting} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 3.756.511,56 \\
 &= \text{Rp } 42.072.929,43 \\
 \text{Pembuatan kedua} &= \text{Luas bekisting} \times \text{biaya pembuatan kedua } 1 \text{ m}^2 \text{ bekisting} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 784.511,56 \\
 &= \text{Rp } 8.786.529,43 \\
 \text{Pembuatan ketiga} &= \text{Luas bekisting} \times \text{biaya pembuatan ketiga } 1 \text{ m}^2 \text{ bekisting} \\
 &= 11,2 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 784.511,56 \\
 &= \text{Rp } 8.786.529,43 \\
 \text{Biaya pemasangan} &= (\text{Jumlah kolom} - \text{banyak pembuatan}) \times \text{luas kolom} \times \\
 &\quad \text{biaya pemasangan } 1 \text{ m}^2 \text{ bekisting} \\
 &= (28 - 3) \times 11,2 \times \text{Rp } 33.000,00 \\
 &= \text{Rp } 9.240.000,00 \\
 \text{Biaya total} &= \text{Rp } 68.885.988,29
 \end{aligned}$$

Biaya total bekisting semi-sistem dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Biaya Bekisting Kolom Semi-sistem

Kolom	Luas (m ²)	Jumlah	Biaya pemakaian pertama	Biaya pemakaian kedua	Biaya Bongkar Pasang	Biaya Total
70/180	17,50	20	Rp 65.738.952,24	Rp 13.728.952,24	Rp 10.395.000,00	Rp 89.862.904,47
60/180	16,80	16	Rp 63.109.394,15	Rp 13.179.794,15	Rp 7.761.600,00	Rp 84.050.788,29
60/120	12,60	28	Rp 47.332.045,61	Rp 19.769.691,22	Rp 10.395.000,00	Rp 77.496.736,83
60/100	11,20	28	Rp 42.072.929,43	Rp 17.573.058,86	Rp 9.240.000,00	Rp 68.885.988,29
50/170	15,40	8	Rp 57.850.277,97	-	Rp 3.557.400,00	Rp 61.407.677,97
50/160	14,70	8	Rp 55.220.719,88	-	Rp 3.395.700,00	Rp 58.616.419,88
50/150	14,00	8	Rp 52.591.161,79	-	Rp 3.234.000,00	Rp 55.825.161,79
50/140	13,30	8	Rp 49.961.603,70	-	Rp 3.072.300,00	Rp 53.033.903,70
50/130	12,60	8	Rp 47.332.045,61	-	Rp 2.910.600,00	Rp 50.242.645,61
50/120	11,90	16	Rp 44.702.487,52	Rp 9.335.687,52	Rp 5.497.800,00	Rp 59.535.975,04
50/110	11,20	60	Rp 42.072.929,43	Rp 43.932.647,15	Rp 19.958.400,00	Rp 105.963.976,59
50/100	10,50	100	Rp 39.443.371,34	Rp 74.136.342,07	Rp 31.185.000,00	Rp 144.764.713,42
50/90	9,80	52	Rp 36.813.813,25	Rp 38.441.066,26	Rp 14.876.400,00	Rp 90.131.279,51
50/80	9,10	32	Rp 34.184.255,16	Rp 21.417.165,49	Rp 8.408.400,00	Rp 64.009.820,65
50/70	8,40	32	Rp 31.554.697,07	Rp 19.769.691,22	Rp 7.761.600,00	Rp 59.085.988,29
50/60	7,70	20	Rp 28.925.138,98	Rp 6.040.738,98	Rp 4.573.800,00	Rp 39.539.677,97
45/80	8,75	61	Rp 32.869.476,12	Rp 41.186.856,71	Rp 15.592.500,00	Rp 89.648.832,83
45/70	8,05	28	Rp 30.239.918,03	Rp 12.630.636,06	Rp 6.641.250,00	Rp 49.511.804,09
45/60	7,35	11	Rp 27.610.359,94	Rp 5.766.159,94	Rp 2.182.950,00	Rp 35.559.469,88
45/45	6,30	16	Rp 23.666.022,80	Rp 4.942.422,80	Rp 2.910.600,00	Rp 31.519.045,61
40/100	9,80	36	Rp 36.813.813,25	Rp 23.064.639,76	Rp 10.348.800,00	Rp 70.227.253,01
40/90	9,10	52	Rp 34.184.255,16	Rp 35.695.275,81	Rp 13.813.800,00	Rp 83.693.330,98
40/80	8,40	52	Rp 31.554.697,07	Rp 32.949.485,37	Rp 12.751.200,00	Rp 77.255.382,44
Total Biaya Bekisting Semi-Sistem						Rp1.599.868.777,12

5.5 Pembahasan

Biaya total bekisting konvensional dan bekisting semi-sistem dan perbandingan biaya antara kedua metode tersebut dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut ini :

Tabel 5.10 Perbandingan Biaya Antara Bekisting Konvensional dan Bekisting Semi-sistem

Matrial	Biaya
Bekisting Konvensional	Rp 1.902.728.133,86
Bekisting Semi-sistem	Rp 1.599.868.777,12
Perbandingan	1,189 : 1

Pada Tabel 5.8 dapat diketahui bahwa perbandingan biaya pekerjaan bekisting untuk struktur kolom terdapat selisih biaya pekerjaan sebesar :

$$\text{Rp } 1.902.728.133,86 - \text{Rp } 1.599.868.777,12 = \text{Rp } 302.859.356,74$$

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa perbandingan metode bekisting konvensional dan metode semi-sistem sebesar 1,189 dengan selisih Rp 203.368.286,74 atau bekisting konvensional 1,189 kali lebih mahal dibandingkan dengan metode semi-sistem.

Pada tahap awal biaya bekisting semi-sistem jauh lebih mahal bila dibandingkan bekisting konvensional, hal ini disebabkan matrial yang digunakan pada bekisting semi-sistem direncanakan untuk digunakan berulang kali sehingga membutuhkan kualitas yang lebih baik. Akan tetapi dengan volume pekerjaan yang besar, bekisting-semi-sistem menjadi lebih ekonomis, karena metode bekisting semi-sistem dibuat untuk ukuran tertentu dan digunakan berulang kali sehingga upah biaya pemasangan dapat dihemat.

Banyaknya pemakaian ulang bekisting juga mempengaruhi biaya akhir bekisting. Peningkatan pemakaian ulang, baik pada bekisting konvensional ataupun bekisting semi-sistem, dapat dilakukan dengan perawatan yang baik, seperti pengawasan saat pemasangan dan pembongkaran bekisting, penyimpanan yang baik, dan juga mengurangi memotong bekisting konvensional sehingga ukuran bekisting dapat dipertahankan.