

ANALISIS PERBANDINGAN METODE SISTEM ROTASI BEKISTING BALOK DAN PELAT PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PARKIR DI KAWASAN PURA BESAKIH

Comparative Analysis of Beam and Slab Formwork Rotation Model of Parking Building Construction Project in Besakih Temple

Irenisa Nabila Az Zahra, Safira Nur Fatimah, Robi Fernando¹, Hendra Adi Wijaya¹

¹ Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang

Korespondensi: Roferwong@gmail.com,

Diterima: 20 Februari 2023, Disetujui: 13 Juni 2023

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis beberapa model sistem rotasi bekisting untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dari segi biaya dan waktu pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir di Kawasan Pura Besakih. Permodelan metode sistem rotasi bekisting yang dilakukan meliputi sistem rotasi 0.5 lantai, 1 lantai, dan 1.5 lantai. Masing-masing model terdiri dari beberapa tahapan yaitu metode pelaksanaan rotasi bekisting, analisis kebutuhan material, analisis produktivitas dan durasi, serta analisis biaya untuk kemudian diolah menjadi suatu grafik yang dapat menampilkan hasil yang paling optimal. Hasil analisis menunjukkan sistem rotasi bekisting balok dan pelat yang paling optimal pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir di Kawasan Pura Besakih yaitu sistem rotasi 1 lantai yang membutuhkan biaya sebesar Rp. 10.941.741.863 dan durasi pelaksanaan sepanjang 124 hari.

Kata kunci: rotasi bekisting, biaya, waktu.

ABSTRACT

This study aims to analyze several models of formwork rotation systems to obtain the most optimal result in terms of cost and time in the Parking Building Development Project in the Besakih Temple Area. The formwork rotation systems modeled includes a rotation system of 0.5 floors, 1 floor and 1.5 floors rotation systems. Each model consists of several stages namely formwork rotation implementation method, material requirements analysis, productivity and duration analysis, and cost analysis. These models are then processed into a graph that can display the most optimal results. The analysis result shows that the 1-storey formwork rotation system for beams and slabs is the most optimal model to be applied in the Parking Building Construction Project in the Besakih Temple area. The implementation of this model requires cost Rp. 10,941,741,863 and implementation duration of 124 days.

Keywords: formwork rotation, cost, time



PENDAHULUAN

Proyek pembangunan gedung sampai saat ini masih dominan menggunakan material beton bertulang yang diperuntukkan sebagai komponen struktur bangunan. Pekerjaan bekisting merupakan tahapan awal yang perlu dilakukan untuk dapat menghasilkan pekerjaan beton yang baik.

Bekisting adalah cetakan sementara sebagai tempat pengecoran beton, dengan tujuan agar menghasilkan beton dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan spesifikasi [6]. Konstruksi Pekerjaan bekisting mempertimbangkan kekuatan dan kekokohan konstruksi guna mendukung pengecoran beton segar, pengerasan beton serta beban yang timbul akibat penumpahan adukan beton ke bekisting [2].

Pelepasan cetakan untuk konstruksi bertingkat harus menjadi bagian dari prosedur yang direncanakan yang dikembangkan oleh kontraktor yang mempertimbangkan pendukung sementara dari seluruh struktur serta setiap komponen struktur individu [1]. Pada praktiknya, terdapat beberapa jenis bekisting yang biasa diterapkan pada proyek konstruksi baik dari skala kecil hingga besar, yang terdiri dari bekisting konvensional, bekisting semi-sistem, dan bekisting sistem. Masing-masing jenisnya memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri, sehingga perlu diperhitungkan efektifitas dan efisiensinya agar mencapai optimalisasi sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini dikarenakan sebagai suatu cetakan, biaya bekisting cukup besar yaitu dapat mencapai 50% dari biaya pembuatan beton [6].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan demi mencapai efektifitas biaya dan waktu pada pekerjaan bekisting yaitu dengan melaksanakan sistem rotasi bekisting [4]. Rotasi bekisting merupakan sistem perpindahan material bekisting dari suatu area ke area lainnya yang dilaksanakan dengan harapan dapat menghemat biaya serta waktu yang diperlukan. Sistem rotasi yang akan dimodelkan pada penelitian ini yaitu rotasi 0,5 lantai, 1 lantai, dan 1,5 lantai [3].

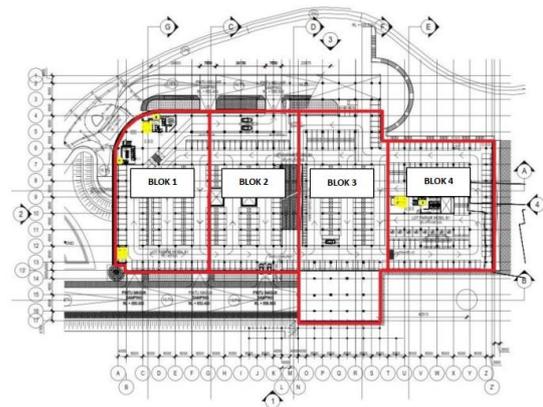
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran sistem rotasi bekisting yang dinilai paling optimal dari segi biaya dan waktu dengan membandingkan sistem rotasi bekisting 0,5 lantai, 1 lantai, dan 1,5 lantai pada pembangunan gedung parkir Manik Mas di Proyek Penataan Kawasan Pura Besakih.

METODE

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik observasi/pengamatan. Teknik observasi merupakan teknik untuk melakukan pengamatan secara sistematis termasuk mencatat dan mendokumentasikan parameter atau unsur yang terlihat pada suatu fenomena/subjek/objek yang diteliti [5].

Secara umum tahapan pelaksanaan penelitian ini meliputi: pertama, peneliti merumuskan masalah penelitian dilanjutkan studi literatur dan penentuan metode penelitian dan data yang dibutuhkan, serta metode pengumpulan data. Kedua, peneliti melakukan observasi terhadap pelaksanaan pekerjaan bekisting yang menggunakan sistem rotasi bekisting 0.5 lantai, 1 lantai, dan 1.5 lantai. Berikutnya peneliti melakukan analisis kebutuhan, analisis produktivitas dan durasi, analisis biaya, serta pemilihan alternatif sistem rotasi bekisting.

Data diambil pada proyek Penataan Kawasan Pura Besakih, di Kabupaten Karangasem, Bali. Data primer yang digunakan yaitu data hasil pengamatan pelaksanaan rotasi bekisting, sedangkan data sekunder yaitu gambar struktur gedung, dimensi struktur balok dan pelat beton, serta desain, gambar detail dan dimensi bekisting.



Sumber: Kementerian PUPR

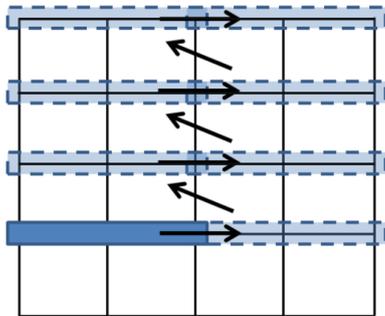
Gambar 1 Pembagian Blok Denah pada Proyek Gedung Parkir di Kawasan Pura Besakih

Metode Rotasi Bekisting 0.5 Lantai

Metode rotasi 0,5 lantai memerlukan persediaan material bekisting sebanyak setengah dari total luasan lantai. Pada proyek pembangunan gedung parkir ini terdapat sejumlah empat lantai (B3, B2, B1, dan GF) dan satu basement (B4) yang luasannya hanya berkisar sekitar seperdelapan dari luasan volume pada lantai-lantai lainnya. Untuk lantai B2, B1, dan GF, dibagi menjadi empat

blok yaitu blok 1 yang terdiri dari as A – G, blok 2 as G – N, blok 3 as N – T, dan blok 4 as T – Z'.

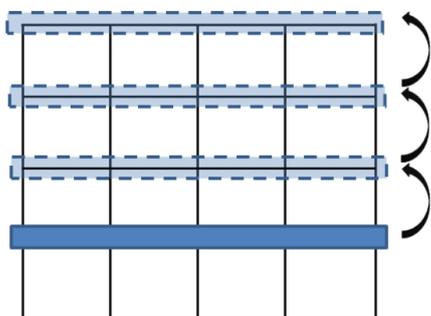
Sedangkan pada lantai B4 hanya diklasifikasikan menjadi blok 1 saja. Pada pelaksanaan rotasi bekisting 0,5 lantai, pemasangan dimulai dari blok 1 lantai B3 yang kemudian setelah beton sudah mencapai umur yang cukup, bekisting dapat dibongkar lalu digunakan pada blok 1 dan blok 2 lantai B2. Dan berlanjut ke blok serta lantai selanjutnya.



Gambar 2 Sketsa Metode Rotasi Pekerjaan Bekisting 0.5 Lantai

Metode Rotasi Bekisting 1 Lantai

Pada rotasi bekisting 1 lantai diperlukan persediaan material bekisting yang mencakup luasan satu lantai penuh yaitu mulai dari blok 1, blok 2, blok 3, dan blok 4. Setelah umur beton sudah tercukupi dan bekisting dapat dibongkar, maka material bekisting tersebut dapat digunakan untuk lantai selanjutnya sampai dengan pekerjaan selesai.

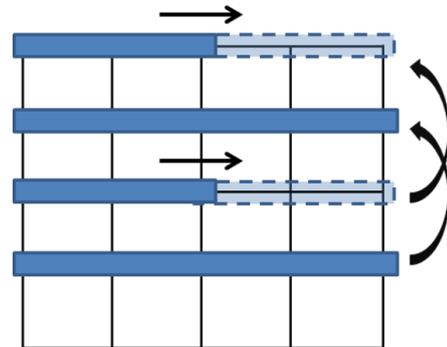


Gambar 3 Sketsa Metode Rotasi Pekerjaan Bekisting 1 Lantai

Metode Rotasi Bekisting 1.5 Lantai

Pada rotasi bekisting 1,5 lantai diperlukan persediaan material bekisting yang mencakup luasan satu lantai penuh ditambah dengan setengah total luasan lantai selanjutnya yang mencakup blok 1, blok 2, blok 3, dan blok 4 pada lantai pertama lalu blok 1 dan blok 2 lantai di

atasnya. Setelah dilakukan pemasangan bekisting pada lantai pertama, setengah bagian pada lantai selanjutnya juga dapat mulai dipasang bekisting ketika beton pada lantai di bawahnya sudah mengeras. Lalu untuk setengah bagian yang lain dapat menggunakan bekisting setelah bekisting pada lantai pertama sudah dibongkar. Dan dapat dilakukan sampai lantai terakhir yang perlu dipasang bekisting.



Gambar 4 Sketsa Metode Rotasi Pekerjaan Bekisting 1.5 Lantai

Dalam tahap analisis, dilakukan analisis terhadap:

- Kebutuhan material, dengan melakukan perhitungan item material: multipleks phenolic, besi hollow, perancah, paku, sekrup, dan lain-lain;
- Produktiivitas dan durasi pekerjaan
- Estimasi biaya berdasarkan harga pasar
- Pemilihan alternatif dengan menggunakan grafik teori Pareto Optima. Grafik tersebut dapat menyajikan hasil dari masing-masing strategi sehingga dapat disimpulkan pemilihan strategi rotasi bekisting yang dinilai paling efisien bila ditinjau dari segi biaya dan waktu. Penggambaran keefisiensiannya dapat dilihat melalui plot titik yang paling mendekati 0 baik terhadap sumbu x (biaya) maupun sumbu y (waktu).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pemodelan metode sistem rotasi pekerjaan bekisting, diperlukan analisis kebutuhan material untuk setiap sistem rotasinya yaitu 0,5 lantai, 1 lantai, dan 1,5 lantai. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil akhir mengenai biaya pada pekerjaan bekisting sehingga dapat disimpulkan sistem rotasi yang dinilai paling optimal.

Analisis Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Balok

Pada pekerjaan bekisting balok, analisis kebutuhan material meliputi kebutuhan multipleks, hollow, suri-suri, siku, wing nut, tie rod, serta rangkaian scaffolding.



Sumber: dokumentasi penulis

Gambar 5 Bekisting Balok

Contoh proses perhitungan kebutuhan material bekisting pada balok B2 zona 2 As 2'M-2'O:

Tipe Balok	: B47
b	: 0.4 m
L	: 7.35 m
Heff	: $(0.7 - 0.15) = 0.55$ m

a. Kebutuhan Multipleks

Multipleks yang digunakan merupakan multipleks phenolic 15 mm yang dinyatakan dalam satuan lembar berukuran 1,22 x 2,44 m. Multipleks diasumsikan akan rusak setelah 6 kali masa pemakaian sehingga jika melebihi itu perlu untuk melakukan pembelian kembali.

Multipleks bodeman merupakan multipleks yang terletak di bawah balok, sehingga volumenya merupakan hasil perhitungan dari lebar dan panjang balok. Sedangkan multipleks tembereng merupakan multipleks yang terletak di kedua sisi balok, sehingga volumenya merupakan hasil perhitungan dari tinggi efektif dan panjang balok.

- Multipleks Bodeman
Luas = $b \times L \times n = 0.4 \times 7.35 \times 1 = 2.94$ m²
- Multipleks Tembereng
Luas = $2 \times L \times H_{eff} = 2 \times 7.35 \times 0.55 = 8.085$ m²
- Total Multipleks
Total = Total Luas / Luas Multipleks
Total = $(2.94 + 8.085) / (1.22 \times 2.44)$
= $3.7 \approx 4$ lembar

b. Kebutuhan Hollow 40.80

Hollow 40.80 digunakan sebagai gelagar yang volumenya menyesuaikan dengan panjang masing-masing balok dan dinyatakan dalam

satuan batang. Di pasaran, hollow tersedia dalam panjang 6 m pada setiap batangnya.

- Hollow gelagar
Vol = $2 \times L \times n = 2 \times 7.35 \times 1 = 14.7$ m
- Total Hollow
Total = Vol. Panjang Hollow / Panjang Hollow
Total = $14.7 / 6$
= 2.45 batang

c. Kebutuhan Hollow 40.40

Hollow 40.40 digunakan sebagai frame tembereng serta bodeman dan masing-masingnya memiliki dua jenis hollow yaitu arah vertikal dan arah horizontal. Pada frame tembereng dan bodeman vertikal, hollow dipasang dengan jarak 1 meter. Volume hollow dinyatakan dalam satuan batang. Di pasaran, hollow tersedia dalam panjang 6 m pada setiap batangnya.



Sumber: dokumentasi penulis

Gambar 6 Frame Tembereng

- Hollow tembereng vertikal
Vol = $2 \times ((L / \text{Jarak Hollow}) + 1) \times (H_{eff} - (2 \times \text{Lebar Hollow})) \times n$
Vol = $2 \times ((7.35 / 1) + 1) \times (0.55 - (2 \times 0.04)) \times 1$
Vol = 7,52 m
- Hollow tembereng horizontal
Vol = $2 \times L \times n \text{ Hollow} \times n = 2 \times 7.35 \times 3 \times 1 = 44.1$ m
- Hollow bodeman vertikal
Vol = $((L / \text{Jarak Hollow}) + 1) \times (b - (2 \times \text{Lebar Hollow})) \times n$
Vol = $((7.35/1) + 1) \times (0.4 - (2 \times 0.04)) \times 1$
Vol = 2.56 m
- Hollow bodeman horizontal
Vol = $2 \times L \times n \text{ Hollow} \times n$
Vol = $7.35 \times 3 \times 1 = \text{Vol} = 22.05$ m
- Total Hollow
Total = Vol. Panjang Hollow / Panjang Hollow
Total = $76.23 / 6 = 12.76$ batang

d. Kebutuhan Hollow Suri

Material suri menggunakan hasil fabrikasi hollow yang bentuknya sudah disesuaikan dengan rencana. Pada bekisting balok yang

ada di lapangan, hollow suri dipasang dengan jarak 1 meter.

- Hollow suri
 $Vol = ((L / \text{Jarak Hollow Suri}) + 1) \times n$
 $Vol = ((7.35 / 1) + 1) \times 1 = 8 \text{ buah}$

e. Kebutuhan Hollow siku, wing nut, dan tie rod

Material hollow siku, wing nut, dan tie rod masing-masingnya berjumlah sama karena merupakan suatu kesatuan yang berfungsi sebagai penyangga tembereng. Material berasal dari fabrikasi hollow yang bentuknya sudah disesuaikan dengan rencana. Material dipasang dengan jarak 1 meter.



Sumber: Dokumentasi penulis

Gambar 7 Hollow Siku, Wing Nut dan Tie Rod

- Hollow siku, wing nut dan tie rod
 $Vol = 2 \times ((L / \text{Jarak}) + 1) \times n$
 $Vol = 2 \times ((7.35 / 1) + 1) \times 1 = 16 \text{ buah}$

f. Kebutuhan paku

Berdasarkan pengamatan di lapangan, 2 as yang berisi 8 balok induk dan 2 balok anak memerlukan 1 kg paku.

- Paku
 $Vol = (\text{Luas Bekisting Balok} / \text{Luas 2 As Bekisting}) \times \text{Vol. Paku}$
 $Vol = (11 / 110) \times 1 = 0,1 \text{ kg}$

g. Kebutuhan main frame (scaffolding)

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada setiap bentang balok 8 meter, memerlukan 4 buah main frame.

- Main frame
 $Vol = (((L / 8) \times 4) + 1) \times n$
 $Vol = (((7.35 / 8) \times 4) + 1) \times 1 = 4 \text{ buah}$

h. Kebutuhan cross brace

Pada setiap main frame memerlukan 2 buah cross brace yang di pasaran tersedia dalam satu set.

- Cross brace
 $Vol = n \text{ Main Frame} \times 1 \times n$

$$Vol = 4 \times 1 \times 1 = 4 \text{ set}$$

i. Kebutuhan jack base dan U-head

Pada setiap main frame dapat dipasang dua buah jack base serta dua buah u-head.

- Jack base dan U-head
 $Vol = n \text{ Main Frame} \times 2 = 4 \times 2 = 8 \text{ buah}$

Rekapitulasi perhitungan kebutuhan material ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Kebutuhan Material

No	Item material	Rekapitulasi Kebutuhan Material			
		Blok 1	Blok 2	Blok 3	Blok 4
1	Kebutuhan material B3				
	Multipleks (lembar)	229	-	-	-
	Hollow 40.80 (batang)	156	-	-	-
	Hollow 40.40 (batang)	952	-	-	-
	Siku (buah)	1.014	-	-	-
	Suri (buah)	507	-	-	-
	Wing Nut (buah)	6.194	-	-	-
	Tie rod (buah)	6.194	-	-	-
	Paku (kg)	6.173	-	-	-
	Main frame (buah)	268	-	-	-
	Cross brace (buah)	268	-	-	-
	Jack base (buah)	536	-	-	-
	U-head (buah)	536	-	-	-
2	Kebutuhan material B2				
	Multipleks (lembar)	620	567	845	600
	Hollow 40.80 (batang)	406	406	603	409
	Hollow 40.40 (batang)	2.394	2.191	3.173	2.330
	Siku (buah)	2.508	2.510	3.714	2.534
	Suri (buah)	1.254	1.255	1.857	1.267
	Wing Nut (buah)	2.508	2.510	3.714	2.534
	Tie rod (buah)	2.508	2.510	3.714	2.534
	Paku (kg)	16.75	1.532	2.286	1.621
	Main frame (buah)	643	644	946	651
	Cross brace (buah)	643	644	946	651
	Jack base (buah)	1.286	1.288	1.892	1.302
	U-head (buah)	1.286	1.288	1.892	1.302
3	Kebutuhan material B1				
	Multipleks (lembar)	653	613	590	578
	Hollow 40.80 (batang)	435	446	415	393
	Hollow 40.40 (batang)	2.457	2.447	2.273	2.173
	Siku (buah)	2.708	2.784	2.560	2.448
	Suri (buah)	1.354	1.392	1.280	1.224
	Wing Nut (buah)	2.708	2.784	2.560	2.448
	Tie rod (buah)	2.708	2.784	2.560	2.448
	Paku (kg)	1.7.66	1.6.58	15.96	1.5.63
	Main frame (buah)	702	720	658	633
	Cross brace (buah)	702	720	658	633
	Jack base (buah)	1.404	1.440	1316	1.266
	U-head (buah)	1.404	1.440	1316	1.266
4	Kebutuhan material GF				
	Multipleks (lembar)	592	550	806	602
	Hollow 40.80 (batang)	418	426	595	406
	Hollow 40.40 (batang)	2682	2445	3190	2.211
	Siku (buah)	2608	2680	3728	2.544
	Suri (buah)	1304	1340	1864	1.272
	Wing Nut (buah)	2608	2680	3728	2.544
	Tie rod (buah)	2608	2680	3728	2.544
	Paku (kg)	16	14.88	21.8	13.99
	Main frame (buah)	676	695	970	659
	Cross brace (buah)	676	695	970	659
	Jack base (buah)	1352	1390	1940	1.318
	U-head (buah)	1352	1390	1940	1.318

Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Balok Berdasarkan Rotasi

1. Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Balok berdasarkan Sistem Rotasi 0,5 Lantai

Rotasi bekisting 0,5 lantai memerlukan material bekisting sebesar setengah dari total volume pada satu lantai. Penyediaan material di lapangan disesuaikan dengan volume terbesar dari masing-masing bagian rotasi, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

Contoh perhitungan kebutuhan material rotasi bekisting 0,5 lantai pada bagian kedua (0 – 0,5 lantai) :

- Kebutuhan material multipleks
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 620 + 567 = 1.187 lembar
- Kebutuhan material hollow 40.80
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 406 + 406 = 812 batang
- Kebutuhan material hollow 40.40
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 2.394 + 2.191 = Vol = 4.585 batang
- Kebutuhan material hollow siku
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 2.508 + 2.510 = 5.018 buah
- Kebutuhan material hollow suri
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 1.254 + 1.255 = 2.509 buah
- Kebutuhan material wing nut
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 2.508 + 2.510 = 5.018 buah
- Kebutuhan material tie rod
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 2.508 + 2.510 = 5.018 buah
- Kebutuhan material paku
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 16,75 + 15,31 = 32.07 kg
- Kebutuhan material main frame
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 643 + 644 = 1.287 buah
- Kebutuhan material cross brace
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 643 + 644 = 1.287 buah
- Kebutuhan material jack base
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2
Vol = 1.286 + 1.288 = 2.574 buah

Rekapitulasi perhitungan seluruh kebutuhan material pada bagian lain untuk model rotasi pekerjaan bekisting 0.5 lantai ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Kebutuhan Material untuk Sistem Rotasi Bekisting 0,5 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (0,5 LANTAI)					
ROTASI	MULTI PLEKS	HOLLOW 40.80.1,6	HOLLOW 40.40.1,6	SIKU	SURI
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)
BASE	229	156	952	1014	507
0-0,5	1187	812	4585	5018	2509
0,5-1	1445	1012	5503	6248	3124
1-1,5	1266	881	4904	5492	2746
1,5-2	1168	808	4446	5008	2504
2-2,5	1142	844	5127	5288	2644
2,5-3	1408	1001	5401	6272	3136
TOTAL	1445	1012	4585	6272	3136

KEBUTUHAN MATERIAL (0,5 LANTAI)							
ROTASI	WING NUT	TIE ROD	PAKU	MAIN FRAME	CROSS BRACE	JACK BASE	U-HEAD
	(buah)	(buah)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
BASE	1014	1014	6.173	268	268	536	536
0-0,5	5018	5018	32.07	1287	1287	2574	2574
0,5-1	6248	6248	39.08	1597	1597	3194	3194
1-1,5	5492	5492	34.25	1422	1422	2844	2844
1,5-2	5008	5008	31.58	1291	1291	2582	2582
2-2,5	5288	5288	30.88	1371	1371	2742	2742
2,5-3	6272	6272	35.79	1629	1629	3258	3258
TOTAL	6272	6272	209.8	1629	1629	3258	3258

Rotasi base merupakan rotasi pada lantai B3 yang luasnya hanya sejumlah satu blok. Sedangkan pada bagian yang dicetak dengan warna biru adalah volume terbesar yang akan menjadi total kebutuhan penyediaan material bekisting balok pada sistem rotasi 0,5 lantai.

2. Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Balok berdasarkan Sistem Rotasi 1 Lantai

Rotasi bekisting 1 lantai memerlukan material bekisting yang dapat mencukupi kebutuhan volume satu lantai penuh. Volume terbesar dari masing-masing bagian rotasinya yang akan menjadi total hasil perhitungan kebutuhan material pada satu gedung tersebut, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

- Kebutuhan material multipleks
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2
Vol = 848 + 567 + 845 + 600 = 2.632 lembar
- Kebutuhan material hollow 40.80
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2
Vol = 562 + 406 + 603 + 409 = 1.824 batang
- Kebutuhan material hollow 40.40
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2
Vol = 3346 + 2191 + 3173 + 2330 = 10.088 batang
- Kebutuhan material hollow siku

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 3522 + 2510 + 3714 + 2534

11.266 buah

- Kebutuhan material hollow suri

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 1761 + 1255 + 1857 + 1267

5.633 buah

- Kebutuhan material wing nut

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 3522 + 2510 + 3714 + 2534 = 11.266 buah

- Kebutuhan material tie rod

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 3522 + 2510 + 3714 + 2534

11.266 buah

- Kebutuhan material paku

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 22,95 + 15,31 + 22,86 + 16,21 = 71,15 kg

- Kebutuhan material main frame

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 911 + 644 + 946 + 651 = 2.884 buah

- Kebutuhan material cross brace

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 911 + 644 + 946 + 651 = 2.884 buah

- Kebutuhan material jack base

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 1822 + 1288 + 1892 + 1302 = 5.768 buah

- Kebutuhan material U-head

Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2

Vol = 1822 + 1288 + 1892 + 1302 = 5.768 buah

Tabel 3 Rekapitulasi Kebutuhan Material untuk Model Rotasi Bekisting 1 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (1 LANTAI)					
ROTASI	MULTI PLEKS	HOLLOW 40.80.1,6	HOLLOW 40.40.1,6	SIKU	SURI
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)
BASE	229	156	952	1014	507
0-1	2632	1824	10088	11266	5633
1-2	2434	1689	9350	10500	5250
2-3	2550	1845	10528	11560	5780
TOTAL	2632	1845	10528	11560	5780

KEBUTUHAN MATERIAL (1 LANTAI)							
ROTASI	WING NUT	TIE ROD	PAKU	MAIN FRAME	CROSS BRACE	JACK BASE	U-HEAD
	(buah)	(buah)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
BASE	1014	1014	6.173	268	268	536	536
0 s.d 1	11266	11266	71.15	2884	2884	5768	5768
1 s.d 2	10500	10500	65.83	2713	2713	5426	5426
2 s.d 3	11560	11560	66.66	3000	3000	6000	6000
TOTAL	11266	11266	209.8	3000	3000	6000	6000

3. Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Balok berdasarkan Sistem Rotasi 1,5 Lantai

Rotasi bekisting 1,5 lantai memerlukan material bekisting yang dapat mencukupi kebutuhan volume satu setengah lantai penuh. Volume terbesar dari masing-masing bagian rotasinya yang akan menjadi total hasil perhitungan kebutuhan material pada satu gedung tersebut, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

- Kebutuhan material multipleks
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 620 + 567 + 845 + 600 + 653 + 613 = 3.898 lembar
- Kebutuhan material hollow 40.80
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 406 + 406 + 603 + 409 + 435 + 446 = 2.705 batang
- Kebutuhan material hollow 40.40
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 2.394 + 2.191 + 3.173 + 2.330 + 2.457 + 2.447 = 14.992 batang
- Kebutuhan material hollow siku
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 2.508 + 2.510 + 3.714 + 2.534 + 2.708 + 2.784 = 16.758 buah
- Kebutuhan material hollow suri
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 1.254 + 1.255 + 1.857 + 1.267 = 8.379 buah
- Kebutuhan material wing nut
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 2.508 + 2.510 + 3.714 + 2.534 + 2.708 + 2.784 = 16.758 buah
- Kebutuhan material tie rod
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1
Vol = 2.508 + 2.510 + 3.714 + 2.534 + 2.708 + 2.784 = 16.758 buah
- Kebutuhan material paku
Vol = Blok 1 B2 + Blok 2 B2 + Blok 3 B2 + Blok 4 B2 + Blok 1 B1 + Blok 2 B1

$$\text{Vol} = 22,95 + 15,31 + 22,86 + 16,21 + 17,66 + 16,58 = 105,4 \text{ kg}$$

- Kebutuhan material main frame
 $\text{Vol} = \text{Blok 1 B2} + \text{Blok 2 B2} + \text{Blok 3 B2} + \text{Blok 4 B2} + \text{Blok 1 B1} + \text{Blok 2 B1}$
 $\text{Vol} = 643 + 644 + 946 + 651 + 702 + 720 = 4.306 \text{ buah}$
- Kebutuhan material cross brace
 $\text{Vol} = \text{Blok 1 B2} + \text{Blok 2 B2} + \text{Blok 3 B2} + \text{Blok 4 B2} + \text{Blok 1 B1} + \text{Blok 2 B1}$
 $\text{Vol} = 643 + 644 + 946 + 651 + 702 + 720 = 4.306 \text{ buah}$
- Kebutuhan material jack base
 $\text{Vol} = \text{Blok 1 B2} + \text{Blok 2 B2} + \text{Blok 3 B2} + \text{Blok 4 B2} + \text{Blok 1 B1} + \text{Blok 2 B1}$
 $\text{Vol} = 1.286 + 1.288 + 1.892 + 1.302 + 1.404 + 1.440 = 8.612 \text{ buah}$
- Kebutuhan material U-head
 $\text{Vol} = \text{Blok 1 B2} + \text{Blok 2 B2} + \text{Blok 3 B2} + \text{Blok 4 B2} + \text{Blok 1 B1} + \text{Blok 2 B1}$
 $\text{Vol} = 1.286 + 1.288 + 1.892 + 1.302 + 1.404 + 1.440 = 8.612 \text{ buah}$



Sumber: dokumentasi penulis

Gambar 8 Bekisting Pelat

Contoh perhitungan kebutuhan material pekerjaan bekisting pada pelat B3 zona 1 as 5D – 4'E:

Tipe Pelat	:	S2
X	:	3,65 m
Y	:	7.6 m
T	:	0,12 m

Tabel 4 Rekapitulasi Kebutuhan Material Model Rotasi Bekisting 1,5 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (1,5 LANTAI)					
ROTASI	MULTI PLEKS	HOLLOW 40.80.1,6	HOLLOW 40.40.1,6	SIKU	SURI
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)
BASE	229	156	952	1014	507
0-1,5	3898	2705	14992	16758	8379
1,5-3	3718	2653	14974	16568	8284
TOTAL	3898	2705	14992	16758	8379

KEBUTUHAN MATERIAL (1,5 LANTAI)							
ROTASI	WING NUT	TIE ROD	PAKU	MAIN FRAME	CROSS BRACE	JACK BASE	U-HEAD
	(buah)	(buah)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
BASE	1014	1014	6.173	268	268	536	536
0-1,5	16758	16758	105.4	4306	4306	8612	8612
1,5-3	16568	16568	98.25	4291	4291	8582	8582
TOTAL	16758	16758	209.8	4306	4306	8612	8612

Analisis Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Pelat

Pada pekerjaan bekisting pelat, analisis kebutuhan material meliputi kebutuhan multipleks, hollow, paku, dan u-head.

- Kebutuhan material multipleks

Multipleks yang digunakan merupakan multipleks phenolic 12 mm yang dinyatakan dalam satuan lembar berukuran 1,22 x 2,44 m. Multipleks diasumsikan akan rusak setelah 6 kali masa pemakaian sehingga jika melebihi itu perlu untuk melakukan pembelian kembali. Volume multipleks didapatkan dari perhitungan lebar dan panjang pelat.

$$\text{Luas pelat} = X \times Y \times n = 3,65 \times 7,6 \times 1 = 27,74 \text{ m}^2$$

$$\text{Kebutuhan multipleks} = \text{Total Luas} / \text{Luas Multipleks} = 27,74 / (1,22 \times 2,44) = 9,3 \text{ lembar}$$

- Kebutuhan material hollow 40.80
Hollow 40.80 diperlukan sebagai penyangga di bawah multipleks bekisting pelat yang ditopang menggunakan u-head dan diletakkan di atas balok gelagar yang juga digunakan untuk menopang hollow suri. Selain itu, hollow 40.80 juga diperlukan sebagai penyangga di bawah bekisting pelat yang akan ditopang menggunakan pipa support dengan kebutuhan sebanyak satu batang berukuran 6 meter untuk luasan setengah pelat senilai 28 m².
Hollow 40.80 1
 $\text{Vol} = \text{keliling pelat} \times n$
 $\text{Vol} = 2 \times (7,6 + 3,65) \times 1 = 22,5 \text{ m}$
Hollow 40.80 2
 $\text{Vol} = (\text{Vol Bekisting Pelat} / 28) \times \text{Panjang Hollow per batang}$
 $\text{Vol} = (27,74 / 28) \times 6 = 5,9 \text{ m}$
Total hollow

Total = Vol Hollow / Panjang Hollow per batang = $(22,5 + 5,9) / 6 = 5$ batang

- Kebutuhan material hollow 40.40
Hollow yang diperlukan sebagai kerangka pada bekisting pelat bentuknya sudah dibuat menjadi panel yang berukuran 1,21 m x 3,08 m. Dalam satu luasan panel tersebut membutuhkan hollow dengan total panjang 16,52 m.

Hollow 40.40

Vol = (L Bekisting Pelat / L Panel) x Panjang Hollow per panel

Vol = $(27,74 / 3,76) \text{ m}^2 \times 16,52 \text{ m} = 121,96 \text{ m}$

Total hollow

Total = Vol Hollow / Panjang Hollow per batang

Total = $121,96 \text{ m} / 6 \text{ m} = 20,3$ batang

- Kebutuhan U-head
Berdasarkan pengamatan di lapangan, setengah luasan satu buah pelat atau senilai 28 m² memerlukan u-head sebanyak 6 buah.

U-head

Vol = (L Bekisting Pelat / 28) x 6 buah

Vol = $(27,74 / 28) \text{ m}^2 \times 6 \text{ buah} = 6$ buah

- Kebutuhan paku
Berdasarkan pengamatan di lapangan, 2 as yang berisi 2 pelat memerlukan 1 kg paku.

Paku

Vol = (Luas Multipleks / Luas 2 As Bekisting) x Vol. Paku

Vol = $(27,74 / 110) \times 1 = 0,25$ kg

- Kebutuhan pipa single support
Berdasarkan pengamatan di lapangan, setengah luasan satu buah pelat atau senilai 28 m² memerlukan pipa single support sebanyak 2 buah.

Pipe support

Vol = (L Bekisting Pelat / 28) x 2 buah

Vol = $(27,74 / 28) \text{ m}^2 \times 2 \text{ buah} = 2$ buah

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan kebutuhan material pada pelat lainnya.

Tabel 5 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat B3

KEBUTUHAN MATERIAL B3						
BLOK	MULTI PLEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U-HEAD (buah)	PIPA SUPPORT (buah)
BLOK 1	309	189	673	8.3436	197	66

Tabel 6 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat B2

KEBUTUHAN MATERIAL B2						
BLOK	MULTI PLEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U-HEAD (buah)	PIPA SUPPORT (buah)
BLOK 1	1102	524	2402	29.799	702	234
BLOK 2	1063	519	2317	28.746	678	226
BLOK 3	1256	737	2739	33.975	801	267
BLOK 4	1067	523	2327	28.868	680	227

Tabel 7 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat B1

KEBUTUHAN MATERIAL B1						
BLOK	MULTI PLEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U-HEAD (buah)	PIPA SUPPORT (buah)
BLOK 1	1146	557	2499	31.002	731	244
BLOK 2	1063	559	2317	28.746	678	226
BLOK 3	1256	549	2739	33.975	801	267
BLOK 4	1067	507	2327	28.868	680	227

Tabel 8 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat GF

KEBUTUHAN MATERIAL GF						
BLOK	MULTI PLEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U-HEAD (buah)	PIPA SUPPORT (buah)
BLOK 1	1076	533	2346	29.105	686	229
BLOK 2	1080	541	2356	29.225	689	230
BLOK 3	1170	720	2552	31.658	746	249
BLOK 4	1058	519	2307	28.614	674	225

Kebutuhan Material Pekerjaan Bekisting Pelat Berdasarkan Rotasi

1. Kebutuhan material pekerjaan bekisting pelat berdasarkan sistem rotasi 0,5 lantai

Rotasi bekisting 0,5 lantai memerlukan material bekisting sebesar setengah dari total volume pada satu lantai. Volume terbesar dari masing-masing bagian rotasinya yang akan menjadi total hasil perhitungan kebutuhan material pada satu gedung tersebut, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

Tabel 9 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat pada Model Rotasi 0,5 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (0,5 LANTAI)						
ROTASI	MULTI PLEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U-HEAD (buah)	PIPA SUPPORT (buah)
BASE	309	189	673	8.3436	196.67	65.55719
0-0,5	2165	1043	4719	58.544	1380	460
0,5-1	2323	1260	5066	62.843	1481	494
1-1,5	2209	1116	4816	59.748	1408	469
1,5-2	2323	1056	5066	62.843	1481	494
2-2,5	2156	1074	4702	58.33	1375	458
2,5-3	2228	1239	4859	60.272	1421	474
TOTAL	2323	1260	5066	370.92	1481	493.77

2. Kebutuhan material pekerjaan bekisting pelat berdasarkan sistem rotasi 1 lantai

Rotasi bekisting 1 lantai memerlukan material bekisting yang dapat mencukupi kebutuhan volume satu lantai penuh. Volume terbesar dari masing-masing bagian rotasinya yang akan menjadi total hasil perhitungan kebutuhan material pada satu gedung tersebut, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

Tabel 10 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat pada Model Rotasi Bekisting 1 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (1 LANTAI)						
ROTASI	MULTIP LEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U- HEAD (buah)	PIPA SUPPOR T (buah)
BASE	309	189	673	8.3436	196.67	65.55719
0-1	4488	2303	9785	121.39	2861	954
1-2	4532	2172	9882	122.59	2890	963
2-3	4384	2313	9561	118.6	2795.62	931.87
TOTAL	4488	2303	9882	370.92	2890	963

3. Kebutuhan material pekerjaan bekisting pelat berdasarkan sistem rotasi 1,5 lantai

Rotasi bekisting 1,5 lantai memerlukan material bekisting yang dapat mencukupi kebutuhan volume satu setengah lantai penuh. Volume terbesar dari masing-masing bagian rotasinya yang akan menjadi total hasil perhitungan kebutuhan material pada satu gedung tersebut, karena asumsi volume terbesar dari salah satu bagian rotasi akan mencukupi volume bagian rotasi lainnya.

Tabel 11 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Pelat pada Model Rotasi Bekisting 1,5 Lantai

KEBUTUHAN MATERIAL (1,5 LANTAI)						
ROTASI	MULTIP LEKS (lembar)	HOLLOW 40.80.1,6 (batang)	HOLLOW 40.40.1,6 (batang)	PAKU (kg)	U- HEAD (buah)	PIPA SUPPOR T (buah)
BASE	309	189	673	8.3436	196.67	65.55719
0-1,5	6697	3419	14601	181.14	4270	1423
1,5-3	6707	3369	14627	181.45	4277	1426
TOTAL	6707	3419	14627	370.92	4277	1426

Analisis Produktivitas dan Durasi

Analisis produktivitas dan durasi perlu ditinjau untuk mengetahui total waktu yang diperlukan guna menyelesaikan suatu pekerjaan berdasarkan total volume pekerjaan dan kapasitas pekerjaan yang dapat dilakukan oleh pekerja. Pada penelitian ini, perhitungan produktivitas pekerja didapatkan dari data pengamatan secara langsung di lapangan.

1. Analisis Produktivitas dan Durasi Balok dan Pelat

Pada pembangunan gedung parkir Manik Mas, pekerjaan bekisting balok dan pelat dilakukan dengan sistem semi table form yang membutuhkan 1 grup kerja yang terdiri dari 3 tukang dan 3 pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting balok dan pelat dengan total volume sebesar 110 m²/hari atau serupa dengan empat balok induk, satu balok anak, dan satu pelat (satu as). Contoh analisis perhitungannya:

- Balok dan Pelat Blok 1 Lantai B3
Durasi Pemasangan
Durasi = Volume Total / Produktivitas
Durasi = 2514 m² / 110 m²/hari = 23 hari

Untuk menyingkat durasi pelaksanaan pekerjaan pemasangan balok dan pelat pada blok 1 lantai B3, pekerjaan dapat dilakukan oleh 3 grup kerja Balok dan Pelat Blok 1 Lantai B2.

- Durasi pemasangan
Durasi = Volume Total / Produktivitas Total
Durasi = 2514 m² / (3 x 110 m²/hari) = 8 hari

- Durasi pembongkaran
Durasi Volume Total / Produktivitas Total
Durasi = 2514 m² / (3 x 110 m²/hari) = 8 hari

- Balok dan Pelat Blok 1 Lantai B2
Durasi pemasangan
Durasi = Volume Total / Produktivitas
Durasi = 3088 m² / 110 m²/hari = 29 hari

Untuk menyingkat durasi pelaksanaan pekerjaan pemasangan balok dan pelat pada blok 1 lantai B2, pekerjaan dapat dilakukan oleh 3 grup kerja.

- Durasi pemasangan
Durasi = Volume Total / Produktivitas Total
Durasi = 3088 m² / (3 x 110 m²/hari) = 10 hari

- Durasi Pembongkaran
Durasi Volume Total / Produktivitas Total
Durasi = 3088 m² / (3 x 110 m²/hari) = 10 hari

- Balok dan Pelat Blok 1 Lantai B1
Durasi pemasangan
Durasi = Volume Total / Produktivitas
Durasi = 5353 m² / 110 m²/hari = 49 hari

Untuk menyingkat durasi pelaksanaan pekerjaan pemasangan balok dan pelat

pada blok 1 lantai B1, pekerjaan dapat dilakukan oleh 3 grup kerja.

Durasi pemasangan

Durasi = Volume Total / Produktivitas Total

Durasi = 5353 m² / (3 x 110 m²/hari) = 17 hari

Durasi pembongkaran

Durasi Volume Total / Produktivitas Total
Durasi = 5353 m² / (3 x 110 m²/hari) = 17 hari

Analisis produktivitas dan durasi pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting balok dan pelat pada blok serta lantai lainnya dilakukan dengan perhitungan serupa.

Tabel 12 Produktivitas dan Durasi Pemasangan Bekisting Balok dan Pelat

PEMASANGAN BEKISTING BALOK DAN PLAT				
BLOK	VOL	GRUP KERJA	PRODUK TIVITAS	DURASI
	(m ²)	(grup)	(m ² /hari)	(hari)
B3				
BLOK 1	2514.60	1	110	23
B2				
BLOK 1	3088.68	1	110	29
BLOK 2	4847.05	1	110	45
BLOK 3	6252.00	1	110	57
BLOK 4	4959.03	1	110	46
B1				
BLOK 1	5353.36	1	110	49
BLOK 2	4986.31	1	110	46
BLOK 3	5492.49	1	110	50
BLOK 4	4894.55	1	110	45
GF				
BLOK 1	4961.31	1	110	46
BLOK 2	4851.45	1	110	45
BLOK 3	5880.16	1	110	54
BLOK 4	4938.02	1	110	45

Tabel 13 Alternatif Grup Kerja Pemasangan

ALTERNATIF GRUP KERJA				
BLOK	VOL	GRUP KERJA	PRODUK TIVITAS	DURASI
	(m ²)	(grup)	(m ² /hari)	(hari)
B3				
BLOK 1	2514.60	3	330	8
B2				
BLOK 1	3088.679	3	330	10
BLOK 2	4847.05	3	330	15
BLOK 3	6251.997	3	330	19
BLOK 4	4959.031	3	330	16
B1				
BLOK 1	5353.356	3	330	17
BLOK 2	4986.306	3	330	16
BLOK 3	5492.49	3	330	17
BLOK 4	4894.553	3	330	15
GF				
BLOK 1	4961.313	3	330	16
BLOK 2	4851.453	3	330	15
BLOK 3	5880.156	3	330	18
BLOK 4	4938.021	3	330	15

Tabel 14 Produktivitas dan Durasi Pembongkaran Bekisting Balok dan Pelat

PEMBONGKARAN BEKISTING BALOK DAN PLAT				
BLOK	VOL	GRUP KERJA	PRODUK TIVITAS	DURASI
	(m ²)	(grup)	(m ² /hari)	(hari)
B3				
BLOK 1	2514.60	1	110	23
B2				
BLOK 1	3088.679	1	110	29
BLOK 2	4847.05	1	110	45
BLOK 3	6251.997	1	110	57
BLOK 4	4959.031	1	110	46
B1				
BLOK 1	5353.356	1	110	49
BLOK 2	4986.306	1	110	46
BLOK 3	5492.49	1	110	50
BLOK 4	4894.553	1	110	45
GF				
BLOK 1	4961.313	1	110	46
BLOK 2	4851.453	1	110	45
BLOK 3	5880.156	1	110	54
BLOK 4	4938.021	1	110	45

Tabel 15 Tabel Alternatif Grup Kerja Pembongkaran

ALTERNATIF GRUP KERJA				
BLOK	VOL	GRUP KERJA	PRODUKTIVITAS	DURASI
	(m ²)	(grup)	(m ² /hari)	(hari)
B3				
BLOK 1	2514.60	3	330	8
B2				
BLOK 1	3088.679	3	330	10
BLOK 2	4847.05	3	330	15
BLOK 3	6251.997	3	330	19
BLOK 4	4959.031	3	330	16
B1				
BLOK 1	5353.356	3	330	17
BLOK 2	4986.306	3	330	16
BLOK 3	5492.49	3	330	17
BLOK 4	4894.553	3	330	15
GF				
BLOK 1	4961.313	3	330	16
BLOK 2	4851.453	3	330	15
BLOK 3	5880.156	3	330	18
BLOK 4	4938.021	3	330	15

2. Analisis Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat berdasarkan Sistem Rotasi

Dari hasil perhitungan durasi per blok tersebut, dapat diperhitungkan total durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan bekisting balok dan pelat berdasarkan sistem rotasi 0,5 lantai, 1 lantai, dan 1,5 lantai.

Perhitungan total durasi pekerjaan bekisting pada sistem rotasi bekisting yaitu dengan menjumlahkan durasi terbesar dari masing-masing bagian rotasinya. Namun pada bagian rotasi pertama pada setiap sistem rotasi perlu untuk selalu menambahkan dengan durasi pada blok 1 lantai B3, karena pekerjaan bekisting pada lantai di atasnya diasumsikan akan dimulai setelah bekisting pada lantai B3 selesai dibongkar. Contoh perhitungan durasi pekerjaan seperti yang tertera di bawah ini.

1. Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat berdasarkan Sistem Rotasi 0,5 Lantai

Durasi Base = Durasi Pasang + Bongkar Blok 1
 $B3 = 8 + 8 = 16$ hari
 Durasi 0-0,5 = Durasi Pasang + Bongkar Blok 2
 $B2 = 15 + 15 = 30$ hari
 Durasi 0,5-1 = Durasi Pasang + Bongkar Blok 3
 $B2 = 19 + 19 = 38$ hari

Tabel 16 Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat Sistem Rotasi 0,5 Lantai

ROTASI	DURASI (hari)
BASE	16
0-0,5	30
0,5-1	38
1-1,5	34
1,5-2	34
2-2,5	32
2,5-3	36
TOTAL	220

2. Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat berdasarkan Sistem Rotasi 1 Lantai

Durasi 0-1 = Durasi Pasang + Bongkar Blok 3
 $B2 = 19 + 19 = 38$ hari

Durasi 1-2 = Durasi Pasang + Bongkar Blok 3
 $B1 = 17 + 17 = 34$ hari

Analisis perhitungan durasi pekerjaan bekisting balok dan pelat dengan sistem rotasi bekisting 1 lantai pada bagian lainnya dilakukan dengan perhitungan serupa.

Tabel 17 Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat Sistem Rotasi 1 Lantai

ROTASI	DURASI (hari)
BASE	16
0-1	38
1-2	34
2-3	36
TOTAL	124

3. Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat berdasarkan Sistem Rotasi 1,5 Lantai

Durasi 0-1,5 = Durasi Pasang + Bongkar Blok 3
 $B2 = 19 + 19 = 38$ hari

Durasi 1,5-3 = Durasi Pasang Blok 1 B1 + Durasi Pasang + Bongkar Blok 3 GF
 $= 17 + 18 + 18 = 53$ hari

Analisis perhitungan durasi pekerjaan bekisting balok dan pelat dengan sistem rotasi bekisting 1,5 lantai pada bagian lainnya dilakukan dengan perhitungan serupa.

Tabel 18 Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat Sistem Rotasi 1,5 Lantai

ROTASI	DURASI
	(hari)
BASE	16
0-1,5	38
1,5-3	53
TOTAL	107

Analisis Biaya Material Berdasarkan model Rotasi Bekisting

Analisis biaya diperlukan untuk mengetahui total biaya masing-masing sistem rotasi bekisting berdasarkan biaya material serta upah pekerja yang dibutuhkan. Analisis biaya dihitung berdasarkan harga pasar sebagai harga satuan (Tabel 19).

Tabel 19 Harga Pasar sebagai Harga Satuan Material untuk Pekerjaan Bekisting Balok

HARGA SATUAN MATERIAL		
MATERIAL	HARGA	SAT
Phenolic 15 mm	Rp230,000.00	lembar
Hollow 40.80	Rp282,000.00	batang
Hollow 40.40	Rp182,500.00	batang
Besi Siku 30.40	Rp 15,000.00	buah
Besi Suri	Rp 25,000.00	buah
Wing Nut	Rp 3,000.00	buah
Tie Rod	Rp 25,000.00	buah
Paku	Rp 21,000.00	kg
Main Frame 1,9	Rp 8,500.00	buah
Cross Brace 1,93	Rp 4,500.00	buah
Jack Base 60	Rp 4,500.00	buah
U Head 60	Rp 5,000.00	buah

Tabel 20 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Balok dengan Sistem Rotasi 0,5 Lantai

BEKISTING BALOK ROTASI 0,5 LANTAI				
BAHAN	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	1445	lembar	Rp 230,000.00	Rp 332,350,000.00
Hollow 40.80	1012	batang	Rp 282,000.00	Rp 285,384,000.00
Hollow 40.40	4585	batang	Rp 182,500.00	Rp 836,762,500.00
Besi Siku 30.40	6272	buah	Rp 15,000.00	Rp 689,920,000.00
Besi Suri	3136	buah	Rp 25,000.00	Rp 574,933,333.33
Wing Nut	6272	buah	Rp 3,000.00	Rp 137,984,000.00
Tie Rod	6272	buah	Rp 25,000.00	Rp 1,149,866,666.67
Paku	209.8	kg	Rp 21,000.00	Rp 4,406,121.88
Main Frame 1,9	1629	buah	Rp 9,000.00	Rp 107,514,000.00
Cross Brace 1,93	1629	buah	Rp 4,500.00	Rp 53,757,000.00
Jack Base 60	3258	buah	Rp 4,500.00	Rp 107,514,000.00
U Head 60	3258	buah	Rp 5,000.00	Rp 119,460,000.00
TOTAL				Rp 4,399,851,621.88

Tabel 21 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Balok dengan Sistem Rotasi 1 Lantai

BEKISTING BALOK ROTASI 1 LANTAI				
BAHAN	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	2632	lembar	Rp 230,000.00	Rp 605,360,000.00
Hollow 40.80	1845	batang	Rp 282,000.00	Rp 520,290,000.00
Hollow 40.40	10528	batang	Rp 182,500.00	Rp 1,921,360,000.00
Besi Siku 30.40	11266	buah	Rp 15,000.00	Rp 698,492,000.00
Besi Suri	5633	buah	Rp 25,000.00	Rp 582,076,666.67
Wing Nut	11560	buah	Rp 3,000.00	Rp 143,344,000.00
Tie Rod	11560	buah	Rp 25,000.00	Rp 1,194,533,333.33
Paku	209.8	kg	Rp 21,000.00	Rp 4,406,121.88
Main Frame 1,9	3000	buah	Rp 9,000.00	Rp 111,600,000.00
Cross Brace 1,93	3000	buah	Rp 4,500.00	Rp 55,800,000.00
Jack Base 60	6000	buah	Rp 4,500.00	Rp 111,600,000.00
U Head 60	6000	buah	Rp 5,000.00	Rp 124,000,000.00
TOTAL				Rp 6,072,862,121.88

Tabel 22 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Balok dengan Sistem Rotasi 1,5 Lantai

BEKISTING BALOK ROTASI 1,5 LANTAI				
	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	3898	lembar	Rp 230,000.00	Rp 896,540,000.00
Hollow 40.80	2705	batang	Rp 282,000.00	Rp 762,810,000.00
Hollow 40.40	14992	batang	Rp 182,500.00	Rp 2,736,040,000.00
Besi Siku 30.40	16758	buah	Rp 15,000.00	Rp 896,553,000.00
Besi Suri	8379	buah	Rp 25,000.00	Rp 747,127,500.00
Wing Nut	16758	buah	Rp 3,000.00	Rp 179,310,600.00
Tie Rod	16758	buah	Rp 25,000.00	Rp 1,494,255,000.00
Paku	209.8	kg	Rp 21,000.00	Rp 4,406,121.88
Main Frame 1,9	4306	buah	Rp 9,000.00	Rp 138,222,600.00
Cross Brace 1,93	4306	buah	Rp 4,500.00	Rp 69,111,300.00
Jack Base 60	8612	buah	Rp 4,500.00	Rp 138,222,600.00
U Head 60	8612	buah	Rp 5,000.00	Rp 153,580,666.67
TOTAL				Rp 8,216,179,388.55

Tabel 23. Harga Pasar Material untuk Harga Satuan Pekerjaan Bekisting Pelat

MATERIAL	HARGA	SAT
Phenolic 15 mm	Rp 230,000.00	lembar
Hollow 40.80	Rp 282,000.00	batang
Hollow 40.40	Rp 182,500.00	batang
Paku	Rp 21,000.00	kg
U-Head 60	Rp 5,000.00	buah
Pipa Support	Rp 25,000.00	buah

Tabel 24 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Pelat dengan Sistem Rotasi 0,5 Lantai

BEKISTING PLAT ROTASI 0,5 LANTAI				
BAHAN	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	2323	lembar	Rp 230,000.00	Rp 534,290,000.00
Hollow 40.80	1260	batang	Rp 282,000.00	Rp 355,320,000.00
Hollow 40.40	5066	batang	Rp 182,500.00	Rp 924,545,000.00
Paku	370.9	kg	Rp 21,000.00	Rp 7,789,407.36
U-Head	1481.3	buah	Rp 5,000.00	Rp 54,314,503.57
Pipa Support	493.8	buah	Rp 25,000.00	Rp 90,524,172.62
TOTAL				Rp 1,966,783,083.56

Tabel 25 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Pelat dengan Sistem Rotasi 1 Lantai

BEKISTING PLAT ROTASI 1 LANTAI				
BAHAN	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	4488	lembar	Rp 230,000.00	Rp 1,032,240,000.00
Hollow 40.80	2303	batang	Rp 282,000.00	Rp 649,446,000.00
Hollow 40.40	9882	batang	Rp 182,500.00	Rp 1,803,465,000.00
Paku	370.9	kg	Rp 21,000.00	Rp 7,789,407.36
U-Head	2889.6	buah	Rp 5,000.00	Rp 59,719,250.29
Pipa Support	963.2	buah	Rp 25,000.00	Rp 99,532,083.81
TOTAL				Rp 3,652,191,741.46

Tabel 26 Total Biaya Material Pekerjaan Bekisting Pelat dengan Sistem Rotasi 1,5 Lantai

BEKISTING PLAT ROTASI 1,5 LANTAI				
BAHAN	VOL	SAT	HARGA	TOTAL
Phenolic 15 mm	6707	lembar	Rp 230,000.00	Rp 1,542,610,000.00
Hollow 40.80	3419	batang	Rp 282,000.00	Rp 964,158,000.00
Hollow 40.40	14627	batang	Rp 182,500.00	Rp 2,669,427,500.00
Paku	370.92	kg	Rp 21,000.00	Rp 7,789,407.36
U-Head	4276.9	buah	Rp 5,000.00	Rp 76,271,892.86
Pipa Support	1425.6	buah	Rp 25,000.00	Rp 127,119,821.43
TOTAL				Rp 5,387,376,621.65

Analisis Biaya Upah Pekerja

Kebutuhan pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan bekisting menentukan biaya yang perlu dikeluarkan sesuai dengan harga satuan upah pulau Bali tahun 2021. Pada proyek pembangunan gedung parkir Manik Mas, satu blok dapat dikerjakan oleh 3 grup kerja yang masing-masingnya terdiri dari 3 tukang dan 3 pekerja. Sedangkan satu mandor dibutuhkan untuk mengepalai 20 tukang Dalam suatu rotasi, banyaknya grup kerja turut ditetapkan berdasarkan jumlah blok yang dikerjakan pada waktu yang sama.

Tabel 27 Harga Satuan Upah Pekerja Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat

MATERIAL	HARGA	SAT
Mandor	Rp 107,000.00	orang
Tukang	Rp 145,000.00	orang
Pekerja	Rp 145,000.00	orang

Tabel 28 Total Biaya Upah Pekerja Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat dengan Sistem

BEKISTING BALOK & PELAT ROTASI 0,5 LANTAI					
TENAGA KERJA	VOL	N HARI	SAT	HARGA	TOTAL
Mandor	1	220	orang	Rp 145,000.00	Rp 31,900,000.00
Tukang	18	220	orang	Rp 145,000.00	Rp 574,200,000.00
Pekerja	18	220	orang	Rp 107,000.00	Rp 423,720,000.00
TOTAL					Rp 1,029,820,000.00

Tabel 29 Total Biaya Upah Pekerja Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat dengan Sistem

BEKISTING BALOK & PELAT ROTASI 1 LANTAI					
TENAGA KERJA	VOL	VOL. HARI	SAT	HARGA	TOTAL
Mandor	2	124	orang	Rp 145,000.00	Rp 35,960,000.00
Tukang	36	124	orang	Rp 145,000.00	Rp 647,280,000.00
Pekerja	36	124	orang	Rp 107,000.00	Rp 477,648,000.00
TOTAL					Rp 1,160,888,000.00

Tabel 30. Total Biaya Upah Pekerja Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat Dengan Sistem

BEKISTING BALOK & PELAT ROTASI 1,5 LANTAI					
TENAGA KERJA	VOL	VOL. HARI	SAT	HARGA	TOTAL
Mandor	2	107	orang	Rp 145,000.00	Rp 31,030,000.00
Tukang	36	107	orang	Rp 145,000.00	Rp 558,540,000.00
Pekerja	36	107	orang	Rp 107,000.00	Rp 412,164,000.00
TOTAL					Rp 1,001,734,000.00

Tabel 31 Rekapitulasi Biaya Material dan Upah Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat

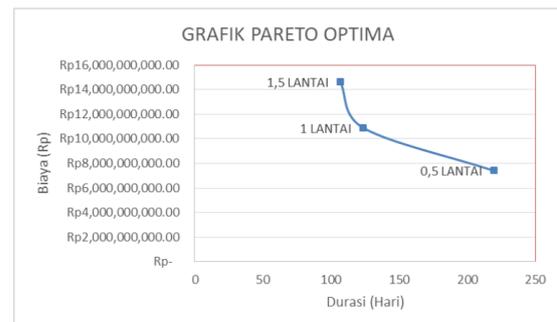
ROTASI	MATERIAL		UPAH	TOTAL
	BALOK	PLAT		
0,5	Rp 4,399,851,621.88	Rp 1,966,783,083.56	Rp 1,029,820,000.00	Rp 7,396,454,705.43
1	Rp 6,072,862,121.88	Rp 3,652,191,741.46	Rp 1,160,888,000.00	Rp 10,885,941,863.34
1.5	Rp 8,216,179,388.55	Rp 5,387,376,621.65	Rp 1,001,734,000.00	Rp 14,605,290,010.20

Pemilihan Alternatif Model Sistem Rotasi Bekisting

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan yaitu mencakup analisis kebutuhan material, analisis produktivitas dan durasi, serta analisis biaya, didapatkan perbandingan antara biaya dan waktu untuk setiap sistem rotasi pekerjaan bekisting seperti yang tertera pada tabel 4.32. Dari perbandingan tersebut kemudian diolah dalam grafik pareto optima yang tertera pada grafik 4.1 untuk mendapatkan hasil yang dinilai paling optimal dari ketiga sistem rotasi bekisting tersebut.

Tabel 32 Perbandingan Biaya dan Waktu Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat

ROTASI	BIAYA	WAKTU
0,5	Rp 7,396,454,705.43	220 hari
1	Rp 10,885,941,863.34	124 hari
1,5	Rp 14,605,290,010.20	107 hari



Gambar 9 Grafik Perbandingan Biaya dan Waktu Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat

Dari grafik perbandingan tersebut, sistem rotasi bekisting 0,5 lantai dinilai paling optimal dari segi biaya, namun jika ditinjau dari segi waktu dinilai kurang optimal karena memakan durasi yang panjang jika dibandingkan dengan sistem rotasi lainnya.

Pada sistem rotasi bekisting 1,5 lantai dapat dinilai optimal dari segi waktu karena tidak membutuhkan durasi yang panjang, namun tidak sebanding dengan biaya yang dikeluarkan karena sangat tinggi.

Penentuan sistem rotasi bekisting perlu diselaraskan kembali dengan kondisi proyek

yang sebenarnya. Namun jika perbandingannya ditinjau secara umum, sistem rotasi bekisting 1 lantai dapat dinilai paling optimal dari segi biaya maupun waktu karena biaya yang perlu dikeluarkan tidak terlalu tinggi dan waktu yang dibutuhkan tidak terlalu panjang.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan metode sistem rotasi pekerjaan bekisting balok dan pelat pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir di Kawasan Pura Besaih, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode sistem rotasi bekisting 0,5 lantai memerlukan durasi pelaksanaan pekerjaan selama 220 hari dan menghabiskan biaya sebesar Rp.7.396.454.705,-
2. Metode sistem rotasi bekisting 1 lantai memerlukan durasi pelaksanaan pekerjaan selama 124 hari dan menghabiskan biaya sebesar Rp.10.941.741.863,-
3. Metode sistem rotasi bekisting 1,5 lantai memerlukan durasi pelaksanaan pekerjaan selama 107 hari dan menghabiskan biaya sebesar Rp.14.605.290.010,-
4. Metode sistem rotasi bekisting yang dijalankan di lapangan memiliki persediaan material bekisting sejumlah setengah total luasan lantai dan menghabiskan biaya berkisar Rp. 17.123.000.000,-
5. Dari grafik pareto optima, didapatkan hasil yang paling optimal dari segi biaya dan waktu dari ketiga permodelan tersebut yaitu metode sistem rotasi bekisting 1 lantai. Jika dibandingkan dengan sistem rotasi yang dijalankan di lapangan, maka permodelan metode sistem rotasi bekisting 1 lantai lebih hemat dari segi biaya.
6. Dari segi tenaga kerja, koefisien AHSP berdasarkan lapangan lebih kecil jika dibandingkan dengan AHSP berdasarkan Permen PUPR Nomor 28 tahun 2016, karena adanya perbedaan produktivitas tenaga kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tavio dan D. Christianto, *Persyaratan Kode Bangunan Gedung untuk Beton Struktural*. Yogyakarta: Deepublish, 2022.
- [2] Salmani, *Metodologi Bekisting dan Perancah*. Yogyakarta: Deepublish, 2019.
- [3] Z. D. Ariyanti, "Perencanaan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting pada Proyek Hotel Lifestyle Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [4] M. Antonius, "Efektivitas Waktu Dan Biaya Penggunaan Bekisting Teknik Rotasi (Studi Kasus Pekerjaan Revitalisasi Dan Pengembangan Asrama Haji Palangka Raya)," Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2016.
- [5] E. P. Widoyoko, *Penilaian hasil pembelajaran di Sekolah*, 1st ed. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2014.
- [6] Asiyanto, *Formwork for Concrete*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 2010.