

PERBANDINGAN METODE BEKISTING KOLOM SISTEM SEMI DAN SISTEM MESA PADA PROYEK GEDUNG DI KOTA SEMARANG

Comparison of Formwork Methods and MESA System in Building Projects in Semarang City

Zhaafira Naresditya Kanaya Setiyawan, Muhammad Adam Al Hussein, Agung Bhakti Utama, dan Robi Fernando

Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum,
Jl. Prof. Soedarto, Semarang 50275

Korespondensi: agung.bhakti.utama@pu.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan waktu dan biaya dari metode bekisting kolom sistem semi dan sistem MESA pada salah satu proyek pembangunan gedung di Kota Semarang. Pengamatan menggunakan metode time study untuk perhitungan produktivitas dan metode work sampling untuk perhitungan Labour Utilization Rate (LUR). Dilakukan uji normalitas terhadap data hasil pengamatan menggunakan software SPSS. Setelah terbukti terdistribusi normal, data kemudian diolah dan diperoleh produktivitas sebesar 35,887 m²/jam dengan LUR sebesar 75,6% untuk metode bekisting kolom sistem semi dan 49,825 m²/jam dengan nilai LUR sebesar 75,2% untuk sistem MESA. Dari perhitungan produktivitas sistem semi didapatkan koefisien pekerja sebesar 0,008 OH, mandor sebesar 0,004 OH, dan operator sebesar 0,004 OH. Dari perhitungan produktivitas sistem MESA didapatkan koefisien pekerja sebesar 0,006 OH, mandor sebesar 0,003 OH, dan operator sebesar 0,003OH. Hasil analisis biaya pemasangan dan pembongkaran 1 m² pekerjaan bekisting sistem semi sebesar Rp. 232.334,00 dan Rp. 718.479,00 untuk sistem MESA.

Kata kunci: bekisting sistem semi, bekisting sistem MESA, analisis waktu, analisis biaya

ABSTRACT

This study compares the time and cost of the semi-system column formwork method and MESA system in one of the building construction projects in Semarang. The observation used the time study method for productivity calculations and the work sampling method for the calculation of the Labour Utilization Rate. The data was then processed and produced productivity of 35.887 m² / hour with a LUR of 75.6% for the semi-system method and 49.825 m² / hour with a LUR value of 75.2% for the MESA system. The coefficient of helper is 0.008 OH, foreman is 0.004 OH, and operator is 0.004 OH for the semi-system method. The coefficient of helper is 0.006 OH, foreman is 0.003 OH, and operator is 0.003OH for the MESA system. The results of the cost of installing and disassembling 1 m² of semi-system formwork work amounted to Rp. 232,334.00 and Rp. 718,479.00 for the MESA system.

Keywords: semi system formwork, MESA system formwork, time analysis, cost analysis

PENDAHULUAN

Proyek adalah suatu kegiatan kompleks yang bersifat tidak tetap, memiliki keterbatasan waktu, anggaran, dan sumber daya, serta memiliki spesifikasi sendiri atas produk yang akan dihasilkan sebagai upaya untuk mencapai sasaran dan tujuan [1]. Dalam proses pelaksanaannya, proyek memiliki target biaya dan waktu yang harus dikendalikan agar proyek tetap berjalan sesuai target. Oleh karena itu, dibutuhkan manajemen proyek yang baik agar pengelolaan proyek dapat berjalan sesuai jadwal rencana. Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik untuk kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek yang dapat dicapai melalui aplikasi yang tepat dan integrasi dari proses manajemen proyek yang diidentifikasi untuk proyek tersebut [2].

Manajemen proyek memungkinkan organisasi untuk melaksanakan proyek secara efektif dan efisien, sehingga manajemen proyek memegang peranan penting dalam suatu proyek konstruksi. Salah satu cara untuk mengelola waktu dan biaya adalah dengan pemilihan metode konstruksi yang tepat. Pemilihan metode konstruksi secara tepat akan menghasilkan produktivitas yang dapat menjadi dasar penentuan koefisien dalam penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Nilai produktivitas yang akurat juga berpengaruh terhadap perencanaan jadwal konstruksi. Sementara dalam pengendalian proyek konstruksi, nilai produktivitas rencana digunakan sebagai tolok ukur progress realisasi di lapangan, sehingga tim proyek dapat melakukan tindakan antisipasi apabila terjadi penyimpangan dari jadwal rencana.

Kolom merupakan salah satu elemen struktur vertikal yang digunakan untuk memikul beban tekan aksial yang kemudian diteruskan menuju pondasi [3]. Suatu kolom terbuat dari besi dan beton yang dicetak menggunakan bekisting. Bekisting merupakan cetakan sementara yang digunakan untuk mencetak suatu konstruksi dan menahan beton selama proses pengecoran yang bentuknya dapat dibuat sesuai keinginan. Sebuah konstruksi bekisting harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan stabilitas agar dapat terjamin keamanan dan keselamatan kerjanya, serta pelaksanaan pembuatan, pemasangan, dan pembongkaran bekisting dapat mengeluarkan biaya sehemat mungkin. Terdapat 3 jenis metode konstruksi bekisting di Indonesia, yaitu bekisting konvensional, bekisting semi sistem, dan bekisting sistem PERI [4]. Bekisting konvensional adalah bekisting yang tiap kali dilepas dan dibongkar menjadi bagian dasar, dapat disusun kembali menjadi sebuah bentuk lainnya. Bekisting semi

sistem adalah bekisting yang terbuat dari plat baja atau besi hollow yang jauh lebih awet dan tahan lama dari bekisting konvensional. Sementara bekisting sistem PERI adalah bekisting yang elemen-elemennya dibuat di pabrik yang sebagian besar komponennya terbuat dari baja.

Salah satu proyek bangunan gedung di Kota Semarang mengkombinasikan metode semi sistem dan sistem MESA dalam konstruksi bekisting kolomnya. Bekisting sistem MESA (atau bisa disebut dengan adjustable steel faced column formwork) merupakan bekisting dengan komponen panel berbahan baja yang sudah terfabrikasi dari pabrik. Sekilas, bekisting sistem MESA memiliki kemiripan dengan bekisting sistem PERI. Perbedaan antara bekisting sistem MESA dengan bekisting sistem PERI terdapat pada pengaturan ukuran bekisting. Bekisting sistem MESA dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna, sedangkan bekisting sistem PERI memiliki ukuran yang sudah paten. Kombinasi dua metode bekisting yang berbeda dilakukan untuk menekan biaya agar tidak terjadi pembengkakan biaya yang membuat perusahaan mengalami kerugian. Mengkombinasikan metode bekisting semi sistem dan sistem MESA menjadi upaya untuk membuat metode konstruksi yang tepat dalam rangka mencapai waktu dan biaya agar sesuai target.

Studi membandingkan tingkat produktivitas pekerjaan bekisting kolom menggunakan metode *work sampling* pada pagi hari sebesar 73,51% dan siang hari sebesar 79,17% [5]. Studi lainnya membandingkan tingkat produktivitas pekerjaan bekisting pada jam kerja normal (80%) dan jam kerja lembur (71,11%) menggunakan metode *productivity rating* [6].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan biaya dan waktu antara konstruksi bekisting kolom sistem semi dan sistem MESA pada salah satu proyek pembangunan gedung di Kota Semarang.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang difokuskan pada pengukuran dan analisis hubungan sebab akibat dari penggunaan bekisting kolom semi sistem dan sistem MESA terhadap segi waktu dan biaya.

Penelitian dilakukan pada salah satu Proyek Pembangunan Gedung di Kota Semarang yang terdiri dari 6 gedung dan difokuskan pada Gedung B dan Gedung C. Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juni 2022 selama 6 hari kerja dengan mengambil waktu penelitian dari pukul

08.00-17.00 WIB dengan jeda istirahat selama 1 jam pada pukul 12.00-13.00 WIB.

Data primer pada penelitian ini didapatkan dengan cara mengamati langsung pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting semi sistem dan sistem MESA di lapangan dengan metode *work sampling* dan *time study*. *Time study* adalah metode pengukuran produktivitas tenaga kerja di lapangan dengan cara menentukan waktu standar untuk suatu pekerjaan [7]. *Work sampling* secara umum dikatakan sebagai suatu teknik dimana banyak dilakukan pengamatan-pengamatan instan dalam periode waktu dari suatu kelompok tenaga kerja, mesin, atau proses [8]. Data sekunder yang dikumpulkan yaitu gambar kerja (*Detailed Engineering Design*) yang meliputi gambar potongan dan kolom Gedung B dan Gedung C, Spesifikasi Teknis Pekerjaan Struktur, dan Daftar Harga Satuan Pekerjaan.

Pekerjaan yang diamati hanya waktu siklus pemasangan dan pembongkaran bekisting sistem semi dan sistem MESA menggunakan metode *time study* yang digunakan untuk mengukur interval waktu kerja untuk perhitungan produktivitas dan metode *work sampling* yang digunakan untuk mengumpulkan data terkait perhitungan *Labour Utilization Rate* (LUR). Penggunaan metode *work sampling* dipilih karena pengukur dapat menentukan waktu-waktu pengamatan terhadap tenaga kerja dan pekerjaannya secara acak [9]. Setelah pengambilan data di lapangan, data tersebut dikonversi menjadi bilangan desimal untuk kemudian dilakukan pengujian normalitas data menggunakan software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Pengujian normalitas data pada penelitian ini menggunakan metode Uji Normalitas Shapiro-Wilk dimana metode ini digunakan pada sampel data yang berjumlah kurang dari 50. Pada tabel hasil pengujian, jika nilai signifikansi (sig.) lebih besar dari 0,05 maka artinya data terdistribusi normal [10]. Jika data tidak terdistribusi normal, maka yang perlu dilakukan adalah melakukan transformasi data untuk mengubah nilai data menggunakan operasi matematika, antara lain logaritma (log.), akar (sqrt), inverse ($1/x$), dan lainnya, sesuai dengan output grafik dari historigram.

Setelah data terdistribusi normal, dilakukan perhitungan produktivitas tenaga kerja dengan persamaan 1.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \quad (1)$$

Dengan data *output* didapatkan dari luas total bekisting kolom semi sistem dan sistem MESA dengan satuan luas digunakan m^2 . Data input digunakan waktu siklus pemasangan dan pembongkaran bekisting yang datanya diambil menggunakan metode *time study* pada bekisting kolom semi sistem dan sistem MESA dengan satuan digunakan menit.

Setelah mendapatkan nilai produktivitas untuk masing-masing tenaga kerja, dilakukan perhitungan koefisien tenaga kerja yang dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{Koefisien} = \frac{1}{\text{produktivitas}} \quad (2)$$

Kemudian untuk perhitungan koefisien bahan didapatkan dari seluruh bahan yang digunakan dalam setiap tahap pelaksanaan pekerjaan bekisting kolom.

Berikutnya, dilakukan perhitungan *Labour Utilization Rate* (LUR) yang digunakan untuk mengetahui seberapa efektif (produktif) gugus kerja. Pengambilan data dengan metode *work sampling* berdasarkan jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting. Perhitungan nilai *Labour Utilization Rate* (LUR) dilakukan dengan persamaan 3.

$$\text{LUR} = \frac{\text{Waktu Efektif} + \frac{1}{4} \text{Waktu Bantu}}{\text{Total Waktu Pengamatan}} \times 100\% \quad (3)$$

Pembagian klasifikasi aktivitas tenaga kerja termasuk waktu efektif, kontributif, dan tidak efektif pada pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting sebagai berikut:

- Tenaga kerja efektif adalah gugus kerja yang terlibat secara langsung dalam pengerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting. Dalam hal ini, pekerja dan operator termasuk pekerja yang efektif.
- Tenaga kerja kontributif adalah gugus kerja yang tidak terlibat secara langsung, namun penting untuk menyelesaikan suatu unit kerja. Dalam hal ini mandor termasuk pekerja kontributif karena tidak terlibat secara langsung, namun membantu untuk mengarahkan bekisting yang sedang diangkat dengan Tower Crane agar dapat masuk ke dalam besi.
- Tenaga kerja tidak efektif gugus kerja yang tidak bermanfaat. Dalam hal ini, pekerja yang tidak ada di tempat termasuk ke dalam pekerja yang tidak efektif.

Perhitungan perkuatan bekisting dilakukan dengan menghitung tegangan dan lendutan yang terjadi pada bahan yang digunakan untuk kemudian dilakukan pengecekan terhadap tegangan dan lendutan izin. Jika tegangan dan lendutan yang terjadi kurang dari tegangan dan lendutan izin, maka bahan tersebut memenuhi syarat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengambil sampel dari waktu siklus metode konstruksi bekisting kolom pada pembangunan lantai 2 Gedung B dan Gedung C dengan hasil yang dijabarkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Sampel Waktu Siklus Metode Konstruksi Bekisting Kolom Gedung B Lantai 2

As Kolom	Durasi Aktivitas ke- (menit)									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4/B	02:40.9	02:02.0	01:36.2	01:33.1	00:32.1	01:07.3	01:29.7	01:41.8	02:08.0	14:51.0
4/C	03:16.8	01:44.5	01:29.4	01:35.1	00:21.8	01:04.5	01:31.2	01:34.6	02:45.4	15:23.3
3/B	02:43.6	02:21.4	01:17.7	01:14.2	02:15.4	00:56.3	01:02.6	02:12.0	03:15.1	17:18.3
3/C	02:31.5	02:42.1	00:52.4	01:09.0	02:44.2	00:56.8	01:02.4	01:21.2	02:11.2	15:30.8
2/B	02:31.2	02:43.4	01:07.2	00:56.6	01:23.2	00:59.2	01:02.6	02:12.0	03:15.1	16:10.5
3/C	02:31.5	02:42.1	00:52.4	01:09.0	02:44.2	00:52.5	01:14.2	02:41.7	02:46.2	17:33.8
5/B	02:21.0	02:43.4	01:12.7	01:06.2	01:42.3	01:06.2	01:22.6	01:42.7	03:15.3	16:32.4
5/C	01:59.2	04:21.5	00:46.2	01:02.7	02:12.4	01:01.5	01:14.2	02:12.3	02:42.0	17:32.0
1/B	02:43.6	03:15.2	01:12.2	00:53.2	01:42.6	01:05.4	01:01.6	02:42.2	01:54.4	16:30.4
1/C	02:24.2	03:01.5	01:05.7	01:02.4	01:23.6	00:52.2	01:11.4	01:48.6	02:42.1	15:31.7
6/D	02:47.2	02:34.4	00:52.6	01:08.3	00:51.2	01:06.2	01:12.5	02:05.1	03:21.5	15:59.0
6/F	03:02.4	04:14.8	01:04.1	01:12.3	00:36.1	01:01.2	01:12.6	01:25.7	03:44.6	17:33.8
1/D	02:46.7	02:45.3	01:01.5	00:46.2	01:15.8	01:10.2	00:53.6	02:11.2	03:21.4	16:11.9
1/E	02:38.0	03:15.6	00:47.4	01:16.2	02:12.5	01:08.5	01:12.3	03:01.6	03:16.3	18:48.4
1/F	03:15.2	04:26.1	01:02.5	00:52.4	01:43.2	01:05.6	01:07.2	02:01.2	02:32.3	18:05.7
1/G	03:21.3	02:16.5	00:52.2	01:12.1	01:15.2	01:04.6	01:30.4	01:39.5	02:33.5	15:45.3
6/I	02:33.2	02:36.6	01:09.2	01:21.3	00:44.6	01:10.5	01:12.5	01:25.6	02:46.3	14:59.8
6/J	03:26.4	04:16.2	00:49.3	01:03.7	01:22.1	01:03.6	01:02.5	01:23.2	03:17.8	17:44.8
6/K	01:43.0	02:36.6	01:09.2	01:21.3	00:44.6	00:55.7	01:02.5	01:23.2	03:17.8	14:13.9
5/K	03:25.1	02:46.6	01:05.4	00:56.9	01:44.2	00:53.6	00:46.3	02:34.6	02:43.7	16:56.4
4/K	02:27.8	02:33.9	01:35.7	01:23.2	00:42.2	01:02.5	01:32.3	02:10.4	02:20.9	15:48.9
6/L	03:15.8	03:21.2	00:55.4	01:37.3	01:04.6	01:05.3	01:14.6	02:13.4	03:12.6	18:00.2
5/L	03:10.2	03:21.4	01:12.6	00:54.1	00:57.5	01:05.2	01:33.4	02:18.3	02:07.7	16:40.4
4/L	03:10.6	03:43.9	01:14.6	01:32.8	00:42.1	01:09.2	01:31.5	02:43.4	02:33.2	18:21.3
3/K	03:12.2	02:54.6	01:05.3	01:11.4	01:21.2	01:05.2	00:53.4	03:21.2	03:16.6	18:21.1
3/L	03:34.2	03:42.6	01:12.4	01:02.7	01:53.2	01:07.6	01:04.2	02:21.6	03:11.2	19:09.7
2/K	03:15.2	02:32.5	01:12.6	01:03.7	01:54.0	01:02.4	01:03.7	02:11.3	04:11.7	18:27.1
2/L	03:25.6	03:12.5	01:09.2	01:07.2	01:32.4	00:59.3	00:52.2	03:21.4	02:11.2	17:51.0

Tabel 2 Sampel Waktu Siklus Metode Konstruksi Bekisting Kolom Gedung C Lantai 2

As Kolom	Durasi Aktivitas ke- (menit)									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6/A	02:12.4	01:50.3	01:03.6	00:56.3	01:12.5	00:52.4	01:21.6	01:49.3	01:55.2	13:13.6
6/B	02:22.1	02:11.6	01:02.1	01:14.7	01:02.5	00:57.2	01:15.6	01:36.5	01:51.5	13:33.8
6/C	02:24.7	02:09.5	00:57.3	01:02.5	00:43.7	00:48.1	01:07.5	02:15.2	01:57.2	13:25.7
6/D	02:30.2	01:45.2	00:56.8	01:01.6	01:16.3	00:53.2	00:52.6	01:52.6	01:58.2	13:06.7
5/A	02:10.5	01:58.1	00:56.3	01:02.6	01:12.4	00:42.6	00:57.2	01:33.6	01:59.3	12:32.6
5/B	02:20.6	01:57.2	00:56.2	00:56.7	00:53.0	00:45.7	01:03.4	01:32.1	01:52.6	12:17.5
5/C	02:25.5	02:09.5	01:03.6	01:03.0	00:57.2	00:51.6	01:12.6	01:36.7	01:57.3	13:17.0
5/D	02:28.7	02:03.1	00:59.2	00:56.8	00:42.3	00:56.7	00:44.3	01:41.2	01:56.7	12:29.0
4/A	02:06.2	02:09.0	00:53.2	00:55.2	00:34.6	00:44.1	00:45.6	02:14.5	01:55.3	12:17.7
4/B	02:17.8	02:01.6	00:51.3	00:58.3	01:21.7	00:43.9	00:58.4	01:12.6	01:56.3	12:21.9
4/C	02:25.5	02:09.5	01:03.6	01:03.0	00:57.2	00:51.6	01:12.6	01:36.7	01:59.6	13:19.3
4/D	02:32.1	01:53.2	00:52.3	01:12.4	00:56.6	01:04.2	01:14.2	01:32.7	02:03.0	13:20.7
3/A	01:35.6	02:01.4	01:02.1	01:11.6	01:12.1	00:52.5	01:13.5	01:42.1	02:05.6	12:56.5
3/B	01:39.2	01:56.2	01:06.2	01:11.6	01:15.2	01:21.7	01:16.0	02:11.2	02:07.3	14:04.6
3/C	01:41.6	02:01.5	01:02.4	00:42.5	01:11.2	00:56.2	01:09.5	02:17.6	02:06.3	13:08.8
3/D	02:12.1	01:54.6	01:05.6	00:52.6	00:51.5	01:12.5	01:01.7	01:51.6	02:02.6	13:04.8
2/A	01:42.5	02:04.6	00:52.0	00:55.1	01:22.1	00:51.6	00:51.2	01:31.2	02:07.2	12:17.5
2/B	01:44.1	02:11.3	01:01.5	01:04.2	01:18.2	01:04.2	00:57.6	01:54.5	02:20.7	13:36.3
2/C	01:58.2	01:54.2	00:55.7	01:05.6	01:06.0	01:10.4	01:02.7	02:11.7	02:03.5	13:28.0
2/D	02:02.6	01:51.2	01:12.6	00:54.6	01:00.7	01:09.1	01:05.2	01:25.2	02:10.5	12:51.7
1/A	01:44.6	02:03.2	00:56.8	01:08.6	01:03.6	00:51.2	01:03.1	02:02.6	02:03.6	12:57.3
1/B	01:46.4	02:06.2	00:56.2	01:03.7	00:46.3	01:02.3	00:55.3	01:53.2	02:09.2	12:38.8
1/C	01:51.4	02:02.7	01:03.4	01:02.3	00:52.9	00:56.3	01:03.1	01:44.5	02:07.6	12:44.2
1/D	01:59.2	02:09.2	00:59.2	00:42.7	00:57.1	01:06.3	01:13.6	01:51.7	02:05.6	13:04.5

Dengan penjabaran 9 aktivitas metode konstruksi bekisting adalah sebagai berikut:

1. Swing tower crane dan pengangkatan panel bekisting
2. Perletakan bekisting kolom
3. Pengencangan wingnut
4. Pemasangan perkuatan menggunakan stager/ pipa push pull
5. Pengecekan kelurusan bekisting
6. Pelepasan pipa push pull
7. Pelepasan wingnut
8. Pelepasan panel bekisting
9. Pengangkatan panel bekisting

Setelah sampel data direkap, kemudian format waktu sampel data dikonversi menjadi satuan desimal untuk dimasukkan dalam software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) untuk berikutnya dilakukan Uji Normalitas Shapiro-Wilk. Uji tersebut digunakan karena jumlah data sampel (N) < 50. Hasil pengujian

normalitas Shapiro-Wilk pada masing-masing waktu siklus ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Tabel Hasil Tes Normalitas Shapiro-Wilk untuk Waktu Siklus Bekisting Semi Sistem

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Swing TC	0,940	28	0,112
Perletakan bekisting	0,933	28	0,075
Pengencangan wingnut	0,933	28	0,073
Pasang stager	0,957	28	0,291
Cek kelurusan	0,960	28	0,356
Lepas stager	0,932	28	0,068
Lepas wingnut	0,932	28	0,070
Lepas panel	0,938	28	0,101
Angkat panel	0,949	28	0,186

Tabel 4 Tabel Hasil Tes Normalitas Shapiro-Wilk untuk Waktu Siklus Bekisting Sistem MESA

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Swing TC	0,919	24	0,056
Perletakan bekisting	0,945	24	0,207
Pengencangan wingnut	0,951	24	0,289
Pasang stager	0,948	24	0,250
Cek kelurusan	0,966	24	0,559
Lepas stager	0,947	24	0,233
Lepas wingnut	0,965	24	0,552
Lepas panel	0,953	24	0,319
Angkat panel	0,949	24	0,000

Syarat data terdistribusi normal adalah nilai signifikansi (Sig.) > 0,05, sehingga data sampel waktu siklus untuk bekisting baik metode semi sistem maupun sistem MESA sudah terdistribusi normal.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan produktivitas tenaga kerja yang dikumpulkan dengan metode *time study* untuk mencari interval pemasangan dan pembongkaran bekisting semi sistem dan sistem MESA. Pekerjaan kolom Gedung B lantai 2 menjadi sampel pengamatan metode konstruksi bekisting semi sistem dengan jumlah data pengamatan sebanyak 28 buah untuk satu waktu siklus pemasangan dan pembongkaran bekisting semi sistem. Penjabaran tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini adalah 2 pekerja, 1 mandor, dan 1 operator. Data yang diketahui adalah total luas bekisting sebesar 282,24 m², total durasi sebesar 07:51:52 yang kemudian di konversi menjadi 471,88 menit (format desimal), maka dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{total luas bekisting}(m^2)}{\text{total waktu}(menit)}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{282,24 m^2}{471,88 \text{ menit}}$$

$$\text{Produktivitas} = 0,598 m^2/\text{menit}$$

$$\text{Produktivitas} = 35,89 m^2/\text{jam}$$

Pekerjaan kolom Gedung C menjadi sampel pengamatan metode konstruksi bekisting sistem MESA dengan jumlah data pengamatan sebanyak 24 buah untuk satu waktu siklus pemasangan dan pembongkaran bekisting sistem MESA. Penjabaran tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini adalah 2 pekerja, 1 mandor, dan 1 operator. Data yang diketahui adalah total luas bekisting sebesar 259,20 m², total durasi sebesar 05:12:08 yang kemudian di konversi menjadi 312,13 menit (format desimal), maka dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{total luas bekisting}(m^2)}{\text{total waktu}(menit)}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{259,20 m^2}{312,13 \text{ menit}}$$

$$\text{Produktivitas} = 0,830 m^2/\text{menit}$$

$$\text{Produktivitas} = 49,82 m^2/\text{jam}$$

Untuk perhitungan *Labour Utilization Rate* (LUR) diawali dengan pengambilan data efektivitas gugus kerja di lapangan terkait pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting yang dilakukan dengan menggunakan metode *work sampling*. Data diambil dengan menggolongkan masing-masing gugus kerja ke dalam tiga kategori yaitu tenaga kerja efektif, tenaga kerja kontributif, dan tenaga kerja tidak efektif. Dengan menggunakan persamaan 3 didapatkan hasil perhitungan LUR untuk pemasangan dan pembongkaran bekisting dengan metode semi sistem dan sistem MESA pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Tabel Perhitungan *Labour Utilization Rate* (LUR) Pemasangan dan Pembongkaran Bekisting Semi Sistem

No.	As Kolom	Nilai LUR (%)
1	4/B	70%
2	4/C	76%
3	3/B	86%
4	3/C	83%
5	2/B	76%
6	3/C	77%
7	5/B	81%
8	5/C	83%
9	1/B	81%
10	1/C	80%
11	6/D	87%
12	6/F	69%
13	1/D	77%
14	1/E	78%
15	1/F	63%
16	1/G	78%
17	6/I	80%
18	6/J	80%
19	6/K	81%
20	5/K	85%
21	4/K	74%
22	6/L	63%
23	5/L	56%
24	4/L	60%
25	3/K	55%
26	3/L	83%
27	2/K	80%
28	2/L	80%

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh rata-rata nilai *Labour Utilization Rate* (LUR) pada aktivitas pemasangan dan pembongkaran bekisting kolom semi sistem sebesar 75,6%.

Tabel 6 Tabel Perhitungan *Labour Utilization Rate* (LUR) Pemasangan dan Pembongkaran Bekisting Sistem MESA

No.	As Kolom	Nilai LUR (%)
1	5/B	89%
2	3/B	55%
3	1/A	59%
4	2/C	63%
5	1/C	64%
6	3/C	65%
7	1/D	67%
8	3/D	68%
9	2/B	69%
10	1/B	72%
11	3/A	73%
12	2/D	73%
13	2/A	74%
14	4/C	78%
15	5/C	79%
16	4/D	80%
17	6/B	82%
18	6/D	85%
19	6/A	85%
20	6/C	85%
21	4/B	86%
22	4/A	86%
23	5/D	86%
24	5/A	86%

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh rata-rata nilai *Labour Utilization Rate* (LUR) pada aktivitas pemasangan dan pembongkaran bekisting kolom sistem MESA sebesar 75,2%.

Sebuah tim kerja dikatakan mencapai waktu efektif apabila nilai *Labour Utilization Rate* (LUR) dihasilkan adalah lebih dari 50% [6]. Sehingga diperoleh dari perhitungan nilai LUR untuk aktivitas pemasangan dan pembongkaran bekisting kolom baik metode semi sistem dan sistem MESA sudah efektif.

Langkah berikutnya adalah Menyusun Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) untuk pekerjaan pemasangan bekisting semi sistem dan sistem MESA yang terbagi menjadi tiga langkah:

1. Menyiapkan daftar harga satuan bahan dan upah yang diperlukan

Daftar harga satuan bahan dan upah didapatkan dari Jurnal Konstruksi 2020 dan data proyek 2022, dengan rincian daftar yang ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Daftar Harga Satuan Tenaga Kerja dan Bahan Untuk Pekerjaan Bekisting Semi Sistem

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp)
A			
TENAGA KERJA			
1	Mandor	OH	Rp 140,000
2	Pekerja	OH	Rp 115,000
B			
BAHAN			
1	Plywood 18 cm	lbr	Rp 215,000
2	Hollow 5 x 5	btg	Rp 8,750
3	Minyak Bekisting	ltr	Rp 9,000
4	Tie rod 100 cm	pcs	Rp 1,500
5	Wing Nut	pcs	Rp 1,500
6	Mur	kg	Rp 13,000
7	Pipa Push Pull/Steger	pcs	Rp 30,000

Tabel 8 Daftar Harga Satuan Tenaga Kerja dan Bahan Untuk Pekerjaan Bekisting Sistem MESA

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp)
A			
TENAGA KERJA			
1	Mandor	OH	Rp 140,000
2	Pekerja	OH	Rp 115,000
B			
BAHAN			
1	Besi Strip	lbr	Rp 14,000
2	Hollow 5 x 5	btg	Rp 8,750
3	Minyak Bekisting	ltr	Rp 9,000
4	Tie rod 100 cm	pcs	Rp 1,500
5	Wing Nut	pcs	Rp 1,500
6	Mur	kg	Rp 13,000
7	Pipa Push Pull/Steger	pcs	Rp 30,000

2. Menghitung koefisien tenaga kerja dan bahan.

Perhitungan koefisien untuk tenaga kerja dihitung menggunakan persamaan 2 dengan membagi jumlah tenaga kerja terhadap produktivitas pekerjaannya. Pada pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting semi sistem, didapatkan data produktivitas sebesar 251,22 m²/hari dengan rincian tenaga kerja terdiri dari 2 pekerja, 1 mandor, dan 1 operator. Maka koefisien pekerja didapatkan dengan persamaan 2:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{2}{251,22}$$

$$Koefisien = 0,008 OH$$

Koefisien mandor didapatkan dengan persamaan 2 adalah:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{1}{251,22}$$

$$Koefisien = 0,004 OH$$

Koefisien operator didapatkan dengan persamaan 2 adalah:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{1}{251,22}$$

$$Koefisien = 0,004$$

Perhitungan kebutuhan bahan untuk pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting dengan metode semi sistem dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Perhitungan kebutuhan *plywood*
Dengan ukuran *plywood* digunakan $2,4 \times 1,2 \times 1,8$, didapatkan hasil perhitungan:
Luas penampang = $2,4 \times 1,2$
Luas penampang = $2,88 m^2$
Kebutuhan *plywood* per lembar = $\frac{1}{2,88}$
Kebutuhan *plywood* per lembar = $0,3472 lbr$
- Perhitungan kebutuhan *hollow*
Kebutuhan hollow dihitung menggunakan pendekatan yang ditampilkan pada Gambar 1 dengan menggunakan perbandingan, nilai b diketahui $0,7 m^1$ maka untuk mendapatkan luasan $1m^2$, didapatkan nilai panjang (h) senilai $1,43 m^1$. Kemudian kebutuhan hollow vertikal dapat dihitung dengan:

$$H = 7 \times 1,43$$

$$H = 10,01 m1$$

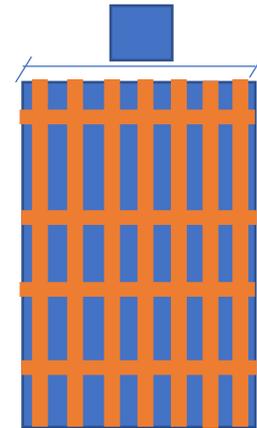
Kebutuhan hollow horizontal dapat dicari dengan perhitungan:

$$H = 4 \times 0,7$$

$$H = 2,8 m1$$

$$Kebutuhan hollow total = 10,01 + 2,8$$

$$Kebutuhan hollow total = 12,81 m1$$



Gambar 1 Kebutuhan Hollow Vertikal Dan Horizontal Pada Kolom Metode Semi Sistem

Panjang satu batang hollow 5×5 yang dijual di pasaran adalah sepanjang 6 m, maka hollow yang dibutuhkan yaitu 2,135 batang.

- Perhitungan kebutuhan minyak bekisting
Koefisien kebutuhan minyak bekisting disesuaikan dengan PERWALKOT SEMARANG No. 53 Tahun 2021 [11].
- Perhitungan kebutuhan *tie rod*
Jumlah tie rod untuk bekisting $70 \times 70 \times 360$ adalah sejumlah 8 buah. Untuk pemasangan $1 m^2$ bekisting dibutuhkan tie rod sejumlah 4 buah.
- Perhitungan kebutuhan *wingnut*
Jumlah *wingnut* untuk bekisting $70 \times 70 \times 360$ adalah sejumlah 8 buah. Untuk pemasangan $1 m^2$ bekisting dibutuhkan wing nut sejumlah 4 buah.
- Perhitungan kebutuhan mur
Koefisien kebutuhan mur disesuaikan dengan PERWALKOT SEMARANG No. 53 Tahun 2021 [11].
- Perhitungan kebutuhan *push pull/ steger*
Jumlah pipa push pull untuk bekisting $70 \times 70 \times 360$ adalah sejumlah 4 buah. Untuk pemasangan $1 m^2$ bekisting dibutuhkan pipa push pull sejumlah 4 buah.

Berikutnya untuk pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting sistem MESA, didapatkan data produktivitas sebesar $348,75 m^2/hari$ dengan rincian tenaga kerja terdiri dari 2 pekerja, 1 mandor, dan 1 operator. Maka koefisien pekerja didapatkan dengan persamaan 2:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{1}{348,75}$$

$$Koefisien = 0,006 OH$$

Koefisien mandor didapatkan dengan persamaan 2 adalah:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{1}{348,75}$$

$$Koefisien = 0,003 \text{ OH}$$

Koefisien operator didapatkan dengan persamaan 2 adalah:

$$Koefisien = \frac{1}{produktivitas}$$

$$Koefisien = \frac{1}{348,75}$$

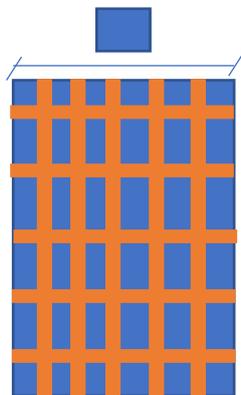
$$Koefisien = 0,003$$

Perhitungan kebutuhan bahan untuk pekerjaan pemasangan dan pembongkaran bekisting dengan metode sistem MESA dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Perhitungan kebutuhan besi strip
Volume kebutuhan besi strip
 $= 0,7 \times 0,8 \times 0,008$
Volume kebutuhan besi strip
 $= 0,0045 \text{ m}^3$

Dengan BJ Baja diketahui 7850 kg/m³, didapatkan berat total kebutuhan besi strip adalah 35,168 kg.

- Perhitungan kebutuhan hollow



Gambar 2 Kebutuhan Hollow Vertikal Dan Horizontal Pada Kolom Metode Sistem MESA

Jika nilai b pada Gambar 2 bernilai 0,8 m¹ maka untuk mendapatkan luasan 1m², didapatkan nilai panjang (h) senilai 1,25 m¹. Kemudian kebutuhan hollow vertikal dapat dihitung dengan:

$$H = 5 \times 1,25$$

$$H = 6,25 \text{ m}^1$$

Kebutuhan hollow horizontal dapat dicari dengan perhitungan:

$$H = 5 \times 0,8$$

$$H = 4 \text{ m}^1$$

$$\text{Kebutuhan hollow total} = 6,25 + 4$$

$$\text{Kebutuhan hollow total} = 10,25 \text{ m}^1$$

Panjang satu batang hollow 5x5 yang dijual di pasaran adalah sepanjang 6 m, maka hollow yang dibutuhkan yaitu 1,708 batang.

- Perhitungan kebutuhan minyak bekisting
 Koefisien kebutuhan minyak bekisting disesuaikan dengan PERWALKOT SEMARANG No. 53 Tahun 2021 [11].
- Perhitungan kebutuhan *tie rod*
 Jumlah tie rod untuk bekisting 80 x 70 x 360 adalah sejumlah 12 buah. Untuk pemasangan 1 m² bekisting dibutuhkan tie rod sejumlah 6 buah.
- Perhitungan kebutuhan *wingnut*
 Jumlah *wingnut* untuk bekisting 80 x 70 x 360 adalah sejumlah 12 buah. Untuk pemasangan 1 m² bekisting dibutuhkan wing nut sejumlah 6 buah.
- Perhitungan kebutuhan mur
 Koefisien kebutuhan mur disesuaikan dengan PERWALKOT SEMARANG No. 53 Tahun 2021 [11].
- Perhitungan kebutuhan *push pull/ steger*
 Jumlah pipa push pull untuk bekisting 80 x 70 x 360 adalah sejumlah 4 buah. Untuk pemasangan 1 m² bekisting dibutuhkan pipa push pull sejumlah 4 buah.

3. Menyusun Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Setelah dilakukan perhitungan kebutuhan tenaga kerja dan bahan, maka dapat dibuat Analisis Harga Satuan Pekerjaan pemasangan dan pembongkaran 1 m² bekisting kolom baik dengan metode semi sistem dan sisem MESA dengan koefisien diambil dari perhitungan hasil pengamatan terhadap tenaga kerja dan bahan di lapangan yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan 1 m² Pekerjaan Bekisting Kolom Semi Sistem

No	Uraian	Kode	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A TENAGA KERJA						
1	Pekerja	L.01	OH	0.008	Rp 115,000	Rp 916
2	Mandor	L.04	OH	0.004	Rp 140,000	Rp 560
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA						Rp 1,476
B BAHAN						
1	Plywood 18 mm		lbr	0.347	Rp 215,000	Rp 74,653
2	Hollow 5 x 5	sewa - 3 bulan	btg	2.135	Rp 8,750	Rp 18,681
3	Minyak Bekisting		ltr	0.2	Rp 9,000	Rp 1,800
4	Tie Rod 100 cm	sewa - bulan	pcs	4	Rp 1,500	Rp 6,000
5	Wing Nut	sewa - bulan	pcs	4	Rp 1,500	Rp 6,000
6	Mur		kg	0.4	Rp 13,000	Rp 5,200
7	Pipa Push Pull/Steger	sewa - bulan	pcs	4	Rp 30,000	Rp 120,000
JUMLAH HARGA BAHAN						Rp 232,334
C PERALATAN						
JUMLAH HARGA PERALATAN						
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 233,810
E	Overhead & Profit			10% x D		Rp 23,381
F	Harga Satuan Pekerjaan per buah (D+E)					Rp 257,191

Tabel 10 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan 1 m² Pekerjaan Bekisting Kolom Sistem MESA

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A TENAGA KERJA						
1	Pekerja	L.01	OH	0.006	Rp 85,000	Rp 487
2	Mandor	L.04	OH	0.003	Rp 125,000	Rp 375
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA						Rp 862
B BAHAN						
1	Besi Strip		kg	35.168	Rp 14,000	Rp 492,352
2	Hollow 5 x 5	sewa - 3 bulan	btg	1.708333	Rp 8,750	Rp 14,948
3	Minyak Bekisting		ltr	0.2	Rp 9,000	Rp 1,800
4	Tie Rod 100 cm	sewa - bulan	pcs	6	Rp 1,500	Rp 9,000
5	Wing Nut	sewa - bulan	pcs	6	Rp 1,500	Rp 9,000
6	Mur		kg	0.4	Rp 13,000	Rp 5,200
7	Pipa Push Pull/Steger	sewa - bulan	pcs	4	Rp 30,000	Rp 120,000
JUMLAH HARGA BAHAN						Rp 652,300
C PERALATAN						
JUMLAH HARGA PERALATAN						
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 653,162
E	Overhead & Profit			10% x D		Rp 65,316
F	Harga Satuan Pekerjaan per buah (D+E)					Rp 718,479

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Metode konstruksi bekisting semi sistem dan sistem MESA memiliki persamaan pada pemasangan dan pembongkaran, hanya saja pada bekisting sistem MESA tidak dilakukan fabrikasi.
- Dari segi waktu, didapatkan hasil produktivitas metode konstruksi bekisting kolom semi sistem adalah 0,598 m²/menit atau 35,887 m²/jam dengan nilai LUR sebesar 75,6%, sedangkan produktivitas bekisting kolom sistem MESA adalah 0,830 m²/menit atau 49,825 m²/jam dengan nilai LUR sebesar 75,2%.
- Dari segi biaya didapatkan biaya pemasangan dan pembongkaran 1 m² pekerjaan bekisting semi sistem adalah sebesar Rp. 257.191,00, sedangkan untuk pekerjaan bekisting sistem MESA adalah sebesar Rp. 718.717,00.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini diolah dari Laporan Tugas Akhir penulis pada Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum pada tahun 2022. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum atas motivasi, bimbingan, saran, dan masukan yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kontraktor yang menangani salah satu proyek pembangunan gedung di Kota Semarang atas dukungan untuk memperoleh data dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyanto, *Manajemen Pengendalian Proyek*. Surabaya: Scopindo, 2020.
- [2] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide Sixth Edition*. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2017.
- [3] Arifi Soenaryo, M. Taufik H, and Hendra Siswanto, "Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan *Concrete Jacketing* Dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 91-100, Mei.2012.
- [4] Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, *Knowledge Management: Penerapan Teknologi Konstruksi*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Balai Penerapan Teknologi Konstruksi, 2019.
- [5] N. Norjana and R. Zulfiati, "Analisa Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Pekerjaan Kolom dan Balok Beton Bertulang," *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 3, no. 2, pp.82-86. Aug. 2020.
- [6] C. M. Sujana and R. A. Hakim, "Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja Pembesian dan Bekisting Saat Jam Kerja Normal dan Lembur Menggunakan Metode Productivity Rating," *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, vol. 4, no. 2, pp.145-152. Sept. 2021.
- [7] E. Handayani, M. Nuklirullah, and A. Riyadi, "Analisa Koefisien Harga Satuan Tenaga Kerja di Lapangan Dengan Analisa SNI Struktur Bangunan Gedung di Kota Jambi," *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 4, no. 1, pp.23-29. Feb. 2021.
- [8] G. Yanti, "Produktivitas Tenaga Kerja dengan Metode Work Sampling Proyek Perumahan di Kota Pekanbaru," *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, vol. 3, no. 2, pp.100-106. Okt. 2017.
- [9] Ronny Walangitan, "Produktivitas Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Metode *Work Sampling* Pada Pekerjaan Kolom dan Balok Mega Trade Center Manado," *TEKNO-SIPIL*, vol. 10, no. 57, pp.14-20. Apr. 2012.
- [10] Tri Cahyono, *Statistik Uji Normalitas*. Purwokerto: Yayasan Sanitarian Banyumas, 2015.
- [11] Kota Semarang, Peraturan Walikota Semarang Nomor 53 Tahun 2021 tentang Standarisasi Harga Satuan Bahan Bangunan, Upah, dan Analisa Pekerjaan Untuk Kegiatan Pembangunan Pemerintah Kota Semarang Tahun Anggaran 2022. Semarang: Pemerintah Kota Semarang, 2021.