



Analisis Produktivitas Operasi Pemasangan Balok Baja (Studi Kasus: Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan)

Yongki Alexander Tanne^{1*}, Andhyka Putra Pratama², Reza Rahardian¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia, Bandung,

²Magister Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Institut Teknologi Bandung, Bandung

*yongki@email.unikom.ac.id

Received: 28 Mei 2023 Revised: 8 Desember 2023 Accepted: 12 Januari 2024

Abstract

Construction operations productivity remains a challenge due to the influence of space limitations and construction methods. This condition was experienced by the construction of Pasundan University's new campus building within a narrow and congested location. This research carried out a productivity evaluation on the steel beam installation based on Time Studies, MPDM, Work Sampling and 5-Minutes Rating. Productivity analysis uses the MPDM, Cycle Chart, Process and Crew Balance Chart. The evaluation of the overall productivity of steel beam installation operations shows a comparison of the percentage of work execution versus delay of 62% versus 38%. This result is quite good considering that the proportion of construction worker productivity is in the range of 40-70% compared to 62% on this project. Improvement of productivity can still be done by preventing delays due to equipment; efficiency of the number of workers; as well as optimizing the duration of each task by referring to the best cycle duration. Thus, the productivity can increase from 10.36 minutes/unit to 6.25 minutes/unit. It is hoped that these results will attract similar research with objects to produce productivity data on construction operations in Indonesia and encourage an improvement in the construction sector.

Keywords: Construction operations, steel structure, construction productivity, delay

Abstrak

Produktivitas operasi masih menjadi tantangan sektor konstruksi. Keterbatasan ruang dan metode konstruksi turut mempengaruhi hal tersebut. Kondisi ini dialami oleh Universitas Pasundan dalam pembangunan gedung baru. Lokasi yang sempit dan padat mempengaruhi pembangunan gedung tersebut. Untuk itu, penelitian ini melakukan evaluasi produktivitas secara khusus pada operasi pemasangan balok baja berdasarkan data Time Studies, Method Productivity Delay Model (MPDM), Work Sampling dan 5 Minutes Rating. Analisis produktivitas dilakukan dengan menggunakan Method Productivity Delay Model (MPDM), Cycle Chart, Process Chart dan Crew Balance Chart. Hasilnya, evaluasi produktivitas keseluruhan operasi pemasangan balok baja menunjukkan perbandingan presentase pelaksanaan pekerjaan dibanding delay sebesar 62% berbanding 38%. Hasil ini cukup baik mengingat jangkauan proporsi produktivitas pekerja konstruksi berada pada rentang 40-70% dibandingkan dengan 62% pada proyek ini. Peningkatan produktivitas masih dapat dilakukan dengan mencegah delay akibat peralatan; efisiensi jumlah pekerja khususnya peladen; serta optimalisasi durasi masing-masing tugas dengan mengacu pada durasi terbaik yang diperoleh dari hasil pengamatan. Dengan demikian, nilai produktivitas pemasangan tiap batang balok baja dapat meningkat dari 10,36 menit/unit menjadi 6,25 menit/unit. Hasil ini diharapkan dapat menarik penelitian-penelitian serupa dengan objek perhitungan produktivitas yang berbeda untuk menghasilkan data produktivitas operasi konstruksi di Indonesia dan mendorong peningkatan produktivitas di sektor konstruksi.

Kata kunci: Operasi konstruksi, struktur baja, produktivitas konstruksi, penundaan

Pendahuluan

Meningkatnya populasi penduduk dapat menimbulkan berbagai macam implikasi terhadap

berbagai aspek kehidupan manusia. Pertumbuhan jumlah penduduk yang cepat dan dengan maraknya tren urbanisasi penduduk di saat yang bersamaan menyebabkan lahan yang tersedia semakin terbatas.

Keterbatasan lahan yang disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk secara langsung berdampak pada kebutuhan infrastruktur baru yang dapat menunjang aktivitas masyarakat. Selaras dengan pernyataan yang disampaikan oleh (Chairil, 2017), bahwa infrastruktur bertambah dikarenakan bertambahnya penduduk yang berimplikasi pada kebutuhan permukiman, peningkatan kepemilikan kendaraan dan dibangunnya fasilitas di kawasan komersial di sekitar kota. Namun ketersediaan ruang yang semakin sedikit dapat menghambat pembangunan tersebut.

Kondisi tersebut semakin rumit dengan adanya aturan batas minimum ruang terbuka hijau (RTH) suatu wilayah yang tidak boleh kurang dari 30% berdasarkan UU No 26 Tahun 2007. Untuk itu, pada proses pembangunan diperlukan metode konstruksi yang efisien di tengah lahan yang semakin terbatas tanpa perlu mengorbankan lahan terbuka hijau. Dengan kata lain, produktivitas konstruksi yang tinggi menjadi kunci utama dalam menunjang pembangunan infrastruktur yang berkualitas dan efisien. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, tren produktivitas konstruksi di Indonesia mengalami penurunan.

Badan Pusat Statistik (BPS-Statistics Indonesia, 2022) menyebutkan bahwa tren produktivitas sektor konstruksi di Indonesia mengalami penurunan. Kontribusi produk domestik bruto (PDB) dari sektor konstruksi pada tahun 2022 adalah sebesar 10,44% dari total PDB Indonesia. Terdapat penurunan sebesar 0,27% jika dibandingkan kontribusi tahun sebelumnya yaitu sebesar 10,77%. Selain faktor pandemi Covid-19, juga tren penurunan produktivitas ini memang telah terjadi bahkan pada tahun-tahun sebelumnya (Tanne & Indrayani, 2023).

Penggunaan teknologi dalam mendongkrak tingkat produktivitas konstruksi menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan. Teknologi dapat membantu mempercepat proses konstruksi, meningkatkan kualitas produk, serta mengurangi biaya pengerjaan. Beberapa teknologi yang telah digunakan dalam industri konstruksi di Indonesia adalah *building information modeling* (BIM), *3D printing*, *drone*, dan teknologi-teknologi lainnya (Tanne & Indrayani, 2023). Selain pemanfaatan teknologi, perhitungan tingkat produktivitas pekerjaan suatu konstruksi juga berperan penting untuk mengevaluasi kinerja proses konstruksi. Terdapat beragam metode analisis perhitungan tingkat produktivitas konstruksi. Metode *labour utilisation rate* (LUR) yang dilakukan oleh (Madani, 2010) menunjukkan bahwa pengalaman kerja memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kerja suatu konstruksi.

Metode *time study* yang digunakan oleh (Sandi *et al.*, 2020) mendapati bahwa letak material dan tempat pengerjaan, jumlah pekerja, *relaxation allowances*, alat dan material yang digunakan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Fitriyani *et al.*, 2021) dengan metode *Relative Importance Index* (RII) menunjukkan tiga faktor non teknis yang paling signifikan pengaruhnya terhadap produktivitas tenaga kerja yaitu kualitas dan pengadaan material, kehadiran tenaga kerja lain, dan informasi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Tam *et al.*, 2018) dari Vietnam menemukan bahwa ada 10 faktor utama yang mempengaruhi produktivitas konstruksi. Penelitian yang dilakukan oleh (Razak *et al.*, 2014) dari Malaysia dengan metode korelasi analisis menyimpulkan bahwa motivasi para pekerja menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi produktivitas suatu konstruksi. Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan RII yang digunakan oleh (Soham & Rajiv, 2013) dari India menemukan hasil dari kedua metode adalah saling berkontradiksi. Pada metode AHP faktor utama yang mempengaruhi produktivitas konstruksi adalah suhu, hujan, angin, motivasi pekerja, dan kelelahan sedangkan faktor utama pada metode RII adalah keterlambatan pembayaran gaji pekerja, *skill* pekerja, keterbatasan material, motivasi pekerja, dan kejelasan teknis. Selain itu, metode peningkatan produktivitas seperti *kaizen philosophy* juga perlu dikembangkan (Putri, 2020). Hal-hal di atas harus menjadi perhatian kontraktor dalam meningkatkan produktivitas suatu konstruksi.

Lokasi konstruksi di lahan yang terbatas dihadapi oleh Proyek Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan, Bandung dalam menambah gedung baru untuk mengantisipasi adanya peningkatan jumlah mahasiswa. Gedung baru tersebut direncanakan berada pada lokasi dengan akses jalan yang sempit dan lalu lintas yang padat, lokasi pembangunan yang relatif sempit karena berada di antara dua gedung eksisting serta ketentuan bahwa selama proses pembangunan diharapkan proses operasional kampus secara umum dapat tetap terlaksana. Tantangan proses konstruksi tersebut memaksa para stakeholder untuk melakukan pemilihan alternatif struktur bangunan yang tepat. Untuk itu, struktur baja dipilih sebagai alternatif yang diharapkan dapat mengatasi berbagai kendala yang dihadapi dalam pembangunan ini dengan berbagai pertimbangan keuntungan penggunaannya.

Dengan kompleksitas kondisi yang dihadapi pada pelaksanaan proyek, penelitian ini secara spesifik membahas mengenai analisis produktivitas dari

operasi pemasangan balok baja sebagai salah satu komponen struktur utama pada Proyek Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan, Bandung. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi produktivitas operasi pemasangan balok baja berdasarkan beberapa metode pengumpulan data dan analisis data produktivitas serta memberikan saran untuk peningkatan produktivitas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai acuan dan pertimbangan bagi para stakeholder konstruksi dalam menghadapi tantangan pelaksanaan konstruksi dan memberikan gambaran mengenai perhitungan produktivitas konstruksi sekaligus mendorong dilakukan penelitian serupa pada jenis konstruksi lain dalam rangka pembaruan data produktivitas pelaksanaan konstruksi di Indonesia.

Metodologi Penelitian

Produktivitas adalah ukuran dari suatu proses yang menunjukkan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan dan jumlah dari seberapa banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam proses pemanfaatan *input* (Halpin & Riggs, 1992). Secara spesifik, produktivitas adalah hubungan antara *output* yang dihasilkan dari sistem dan *input* yang disediakan untuk membuat *output* tersebut (Phusavat, 2006).

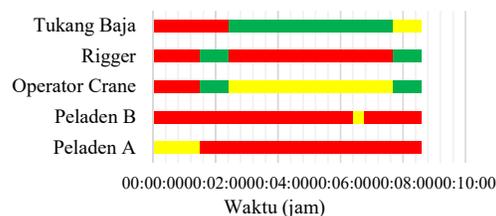
Pengukuran produktivitas pada penelitian ini didasarkan pada konsep *labor utilization factor* (LUF) dimana asumsi kategori tugas yang dilakukan dibagi menjadi tiga yaitu: 1) *Effective work*, adalah proses aktual yang memberikan tambahan terhadap produk akhir, 2) *Essential contributory work*, pekerjaan pendukung penting, adalah pekerjaan yang secara tidak langsung memberi nilai tambah, tetapi penting untuk menyelesaikan pekerjaan (misal mengangkat *scaffolding*) dan 3) *Ineffective work*, adalah bukan pekerjaan *contributory*, *rework*, pekerjaan tertunda, dan lain-lain.

Pengambilan data produktivitas berdasarkan pengamatan langsung di lapangan menggunakan metode ilmiah antara lain teknik pengambilan data *continuous method* (*time studies*) dan *method productivity delay model* (MPDM)) serta *discrete method* (*work sampling* dan *5 minutes rating*).

Selain itu juga dilakukan wawancara dengan pihak pelaksana di lapangan untuk memperoleh informasi tambahan terkait operasi yang dilakukan serta akses kepada dokumen-dokumen teknis yang mendukung penelitian.

Time studies

Metode ini awalnya dilakukan pada studi teknik industri dengan tujuan untuk mencatat waktu tambahan dari berbagai langkah atau tugas yang membentuk suatu operasi. Karena dimungkinkan adanya variabilitas dalam cara melakukan tugas atau waktu yang diperlukan untuk setiap tahapan tugas maka seringkali disarankan untuk melakukan pencatatan dalam sejumlah siklus operasi. Dalam penelitian ini, *time studies* dilakukan dengan menggunakan rekaman video dan diperoleh enam siklus pekerjaan balok baja yang telah ditentukan sehingga didapatkan hasil yang teliti terkait durasi tugas, lokasi pekerjaan, dan pekerja serta peralatan yang digunakan. *Time studies* dari setiap siklus kemudian disusun dalam bentuk *chart* yang kemudian berdasarkan konsep LUF dibagi menjadi 3 kategori dimana warna merah menunjukkan *idle*, warna kuning *contributory* dan warna hijau *effective*. Sebagai contoh, hasil pengamatan instalasi balok baja untuk siklus ke-4 adalah sebagai Gambar 1. Hasil pengamatan secara umum disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. *Time studies* pengamatan operasi pemasangan balok baja

Work sampling

Work Sampling adalah metode pengamatan acak (*random*) untuk mendapatkan informasi tentang aktivitas yang dilakukan. Ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan fakta tanpa perlu untuk merekam segala sesuatu dan semua orang setiap saat (Toth).

Tabel 1. Hasil analisis *time studies* pemasangan balok baja

Type	Operator Crane		Peladen A		Peladen B		Rigger		Tukang baja	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Effective</i>	15	23,08	0	0,00	0	0,00	17	26,15	30	46,15
<i>Contributory</i>	33	50,77	14	21,54	2	3,08	0	0,00	6	9,23
<i>Ineffective</i>	17	26,15	51	78,46	63	96,92	48	73,85	29	44,62
Total	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100
LUF	48,46%		10,77%		1,54%		26,15%		50,77%	

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengkategorikan kegiatan sampel dari angkatan kerja dan menggunakannya untuk memproyeksikan kategori kegiatan untuk seluruh tenaga kerja. Dalam metode *work sampling*, *category proportion* untuk pekerjaan konstruksi ditentukan sebesar 40,60 yang berarti 40% sampai dengan 60% produktif (Clarkson H. Oglesby, 1989) dengan *confidence level* 90%, dan *limit of error* sebesar 10% sehingga didapat jumlah sampel sebanyak 65 pengamatan. Hasil pengambilan data dengan *work sampling* ditunjukkan pada Tabel 2.

Five minutes rating

Five minutes rating adalah metode yang efektif digunakan untuk melakukan evaluasi kerja secara umum. Metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang dilakukan dalam periode yang singkat, dengan jumlah pengamatan biasanya terlalu kecil untuk memberikan reliabilitas statistik dari sampel pekerjaan.

Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk menumbuhkan kesadaran pada pihak manajemen tentang keterlambatan dalam suatu pekerjaan,

mengukur efektivitas pekerja, menunjukkan dimana pengamatan perencanaan yang lebih menyeluruh dan terperinci dapat menghasilkan penghematan. Pengumpulan data dengan metode *five minute rating* disajikan pada Tabel 3.

Method productivity delay model (MPDM)

Method Productivity Delay Model (MPDM) adalah teknik untuk mengukur, memprediksi dan memperbaiki produktivitas suatu metoda konstruksi dengan mengidentifikasi delay yang terjadi pada beberapa siklus suatu operasi (Clarkson H. Oglesby, 1989). Metode ini mengelompokan jenis tundaan menjadi empat yaitu lingkungan, peralatan, tenaga kerja, material dan manajemen. hasil pengambilan data dengan MPDM disajikan pada Tabel 4.

Pengambilan data dengan metode ini dilakukan selama enam siklus operasi pemasangan baja dengan perbandingan siklus efektif dengan siklus *delay* adalah 73,46% efektif dan 26,54% *delay*. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, hanya terjadi penundaan karena permasalahan peralatan yaitu pengambilan alat las dan penggantian *slings*.

Tabel 2. Hasil pengamatan dengan *work sampling* pemasangan balok baja

Type	Operator Crane		Peladen A		Peladen B		Rigger		Tukang baja	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Effective	15	23,08%	0	0,00%	0	0,00%	17	26,15%	30	46,15%
Contributory	33	50,77%	14	21,54%	2	3,08%	0	0,00%	6	9,23%
Ineffective	17	26,15%	51	78,46%	63	96,92%	48	73,85%	29	44,62%
Total	65	100%	65	100%	65	100%	65	100%	65	100%
LUF	48,46%		10,77%		1,54%		26,15%		50,77%	

Tabel 3. Hasil pengamatan dengan *5-minute ratings* pemasangan balok baja

Waktu	Operator crane	Rigger	Peladen A	Peladen B	Tukang baja	Keterangan
10: 51			1			Pemasangan sling
52	1	1	1			Adjustment craine
53	1	1	1		1	Adjustment craine
54	1	1			1	Adjustment craine + ambil baut
55	1				1	Pemasangan baja
56	1				1	Pelepasan sling + adjusment craine
57	1	1			1	Adjustment craine
58	1	1	1			Adjusment craine + pemasangan sling
59	1	1	1			Adjustment craine
11: 00	1				1	Pemasangan baja
01	1				1	Pemasangan baja
02	1		1		1	Pemasangan Baja + Pengambilan alat las
03	1				1	Pemasangan baja
04	1		1		1	Pemasangan Baja + pengembalian alat las
05	1			1	1	Pemasangan baja
06	1				1	Pemasangan baja

Total Man Unit: 80

Effective: 41

Effectiveness: 51,25% working (LUF); 48,75% delay.

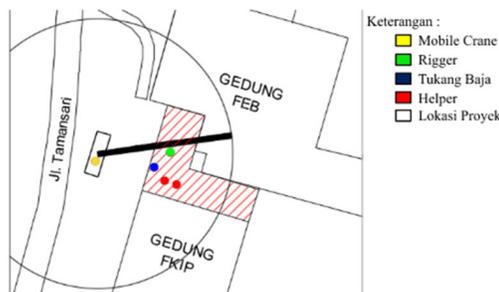
Tabel 4. Hasil pengamatan dengan MPDM pemasangan balok baja

<i>Production cycle</i>	<i>Cycle time (detik)</i>	<i>Management delay (detik)</i>	<i>Equipment delay (detik)</i>	<i>Labor delay (detik)</i>	<i>Material delay (detik)</i>	<i>Non-delay cycle time (detik)</i>
1	430					430
2	920		505			415
3	410					410
4	515					515
5	965		485			480
6	490					490

Hasil Penelitian

Analisis layout

Sebelum dilakukan analisis terhadap produktivitas berdasarkan data pengamatan diperoleh, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap *layout* proyek dan prosedur pelaksanaan operasi pemasangan balok baja. *Layout* proyek dapat dilihat pada Gambar 3. Lokasi pelaksanaan proyek berada tepat di antara dua gedung eksisting sehingga penggunaan *mobile crane* menjadi penting karena diharapkan dapat tetap bermanuver dengan baik meskipun lokasi proyek sempit.



Gambar 2. Layout lokasi pelaksanaan proyek

Susunan *layout* sudah cukup baik, ditunjang dengan proses pengadaan material baja yang dilakukan bertahap sesuai dengan jadwal pelaksanaan sehingga penyimpanan material dapat berada tepat di lokasi proyek sehingga memudahkan dalam pelaksanaan operasi dan tidak terjadi penumpukan. Dengan demikian operasional kampus di gedung FEB dapat tetap berlangsung. Metode pelaksanaan operasi pemasangan balok baja adalah sebagai bagan alir pada Gambar 3.

Analisis Produktivitas

Analisis produktivitas dilakukan dengan menggunakan *Method Productivity Delay Model* (MPDM), *Cycle Chart*, *Process Chart* dan *Crew Balance Chart*. Penelitian ini menggunakan data sebanyak 6 siklus pekerjaan pemasangan balok baja dan analisis dilakukan terhadap siklus dengan

durasi operasi yang mendekati nilai rata-rata dari keenam siklus yang ada sehingga dipilihlah siklus keempat sebagai objek analisa.

Method productivity delay model

Setelah dilakukan pengumpulan data dengan MPDM, selanjutnya dilakukan pemrosesan data untuk analisa dan identifikasi lebih lanjut mengenai nilai produktivitas dari operasi yang ditinjau. Rumus *ideal productivity* adalah $1 / (\text{mean non-delay cycle time})$, dan *overall method productivity* adalah $\text{Ideal productivity} (1 - E_{\text{man}} - E_{\text{eq}} - E_{\text{la}} - E_{\text{mat}})$, dimana E_{man} adalah faktor delay akibat manajemen, E_{eq} adalah faktor delay akibat peralatan, E_{la} adalah faktor delay akibat pekerja, E_{mat} adalah faktor delay akibat material. Proses MPDM pemasangan balok baja disajikan pada Tabel 5, dan *delay information* pada Tabel 6



Gambar 3. Flowchart operasi pemasangan balok baja

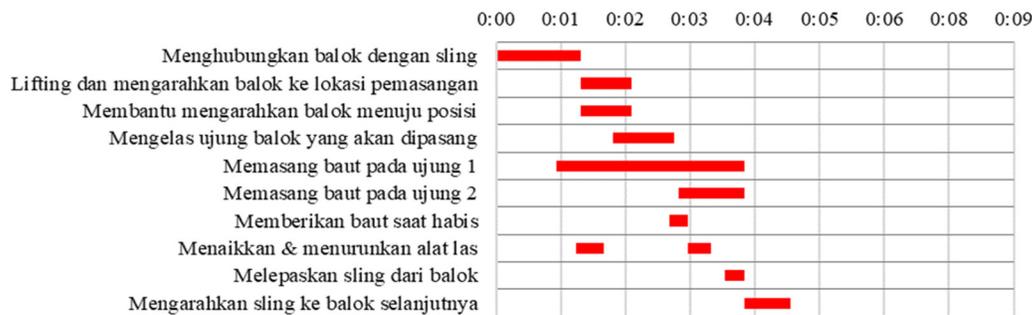
Tabel 5. MPDM processing pemasangan balok baja

Units	Total production time (detik)	Number of cycle	Mean cycle time (detik)
Non-delayed production cycles.	2740	6	457
Overall production cycles.	3730	6	622

Tabel 6. Delay information pemasangan balok baja

	Delays			
	Management	Equipment	Labor	Material
Kejadian	0	2	0	0
Penambahan Waktu Total (detik)	0	990	0	0
Kemungkinan kejadian	0,000	0,333	0,000	0,000
Keparahan relatif	0,000	0,796	0,000	0,000
Persentase terjadi delay setiap siklus produksi (%)	0,0	26,5	0,0	0,0

Tabel 7. Cycle chart eksisting pemasangan balok baja



Berdasarkan hasil analisis dengan MPDM diperoleh nilai produktivitas pelaksanaan ideal tanpa adanya penundaan (*Ideal Productivity*) yaitu 7,883 unit/jam atau 7,61 menit untuk pemasangan satu unit balok baja. Sedangkan nilai produktivitas pelaksanaan operasi termasuk adanya penundaan yang terjadi akibat faktor peralatan yaitu 5,791 unit/jam atau 10,36 menit untuk pemasangan satu unit balok baja.

Cycle Chart.

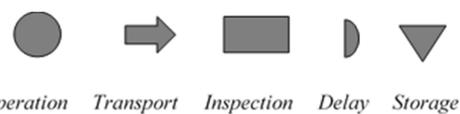
Cycle chart digunakan untuk menggambarkan satu siklus operasi pekerjaan, dengan langkah-langkah : 1) Menghitung durasi untuk setiap siklus operasi, 2) Ambil durasi rata-rata dari tiap tugas dalam setiap operasi dan pilih siklus yang paling mendekati nilai rata-ratanya, 3) Lakukan analisis perbaikan, 4) Bandingkan siklus awal dengan siklus hasil perbaikan yang dilakukan.

Setelah dilakukan analisis dengan tahapan di atas, diperoleh durasi siklus eksisting selama 8 menit 35 detik untuk pemasangan satu balok baja dengan detail tugas seperti pada Tabel 7. *Cycle chart* menunjukkan tahapan-tahapan pelaksanaan dari setiap tugas yang ada didalam operasi pemasangan balok baja. Prinsipnya mirip dengan metode *bar chart* dalam penjadwalan proyek dimana setiap

batang menunjukkan kapan tugas harus dimulai dan kapan harus selesai.

Process Chart

Metode *Process Chart* dilakukan dengan membuat daftar yang disusun secara kronologis dari berbagai langkah dalam suatu operasi. Biasanya setiap item membawa simbol yang mengklasifikasikannya secara umum (Oglesby, 1989), sebagai dalam Gambar 4.



Gambar 4. Simbol Cycle Chart

Simbol-simbol dalam *process chart* memiliki fungsi tersendiri yaitu; 1) Operasi adalah sesuatu dilakukan pada suatu barang di satu lokasi, 2) Transportasi adalah lokasi item diubah, 3) Inspeksi adalah item sedang diperiksa atau telah diperiksa, 4) Penundaan adalah item untuk sementara dihentikan atau ditahan, dan 5) Penyimpanan adalah item berada dalam penyimpanan. *Process chart* membantu membuat daftar langkah-langkah logis dalam suatu operasi.

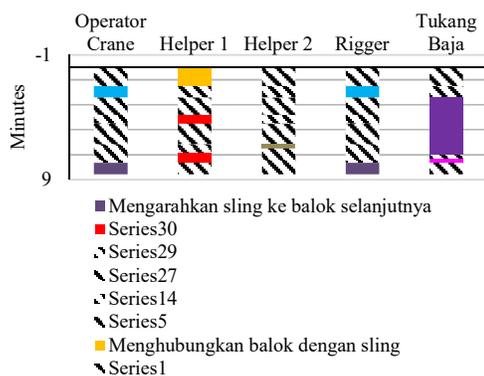
Tabel 8. Process chart eksisting pemasangan balok baja

No	Flow Sequence	Operation	Transport	Inspection	Delay	Storage	Quantity	Distance (m)	Time (menit)	Notes (%)
1	Menghubungkan balok dengan sling	●	➡	□	D	▽	1	1,5	17,48	
2	Lifting dan mengarahkan balok ke lokasi pemasangan	●	➡	□	D	▽	2	0,917	10,68	
3	Pengelasan, pemasangan dan adjustment balok, menaikkan & menurunkan alat las	●	➡	□	D	▽		5,25	61,17	
4	Pelepasan dan pemindahan sling ke balok selanjutnya	●	➡	□	D	▽	2	0,917	10,68	
Total								4	8,583	100,00

Process chart juga dapat digunakan untuk menganalisis gerakan sekarang dan berikutnya, kemudian dapat digunakan untuk mengurangi setiap tahap siklus. Hasil analisa data pengamatan dengan menggunakan *process chart* untuk siklus keempat adalah sebagai Tabel 8. Berdasarkan analisis di atas dapat dilihat bahwa tugas 3 (pengelasan, pemasangan dan *adjustment* balok, menaikkan & menurunkan alat las) memiliki persentase waktu terbesar dalam operasi ini. Kemudian hasil analisis ini akan dievaluasi untuk memperoleh perbaikan siklus operasi.

Crew Balance Chart

Crew balance Chart memiliki bar vertikal yang mewakili setiap pekerja atau elemen mesin, sebagai yang disajikan pada Gambar 5. Setiap batang dibagi untuk menunjukkan waktu yang dikhususkan untuk masing-masing dari berbagai jenis dan urutan kegiatan yang membentuk seluruh siklus, termasuk waktu menganggur, tidak efektif, atau tidak produktif. Karena setiap elemen waktu untuk kru dan peralatan yang diamati diplot ke skala waktu yang sama, maka keterkaitan berbagai elemen kegiatan tersebut dapat dilihat dengan membandingkannya sepanjang garis horizontal pada grafik (Oglesby, 1989).



Gambar 5. Crew balance chart eksisting pemasangan balok baja

Analisa dengan *crew balance chart* dilakukan terhadap seluruh *resource* yang dikaji dalam penelitian ini dan difokuskan pada siklus keempat dimana durasi siklus adalah nilai yang paling mendekati durasi rata-rata dari keenam siklus yang diamati. Hasil analisa dengan metode *crew balance chart* menunjukkan bahwa sebagian besar durasi yang dihabiskan oleh masing-masing *resource* bersifat *idle* terutama pada *Peladen B* sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai LUF dan produktivitas yang lebih baik dari operasi pemasangan balok baja. Setelah seluruh hasil pengambilan data dianalisis, kemudian diambil kesimpulan mengenai evaluasi produktivitas berdasarkan perbandingan metode pengambilan data serta perbandingan nilai produktivitas eksisting dan setelah dilakukan perbaikan.

Perbandingan pengambilan data dengan *continous method* dan *discrete method*

Perbandingan akurasi pengambilan data dilakukan berdasarkan karakteristik data yang ditampilkan oleh masing-masing metode pengambilan data. Metode *time studies* dan *work sampling* menampilkan LUF untuk setiap jenis *resource* yang digunakan pada operasi sedangkan metode *5-minute ratings* dan MPDM menampilkan LUF untuk keseluruhan operasi.

Time studies vs work sampling

Dapat dilihat pada Tabel 9 bahwa kedua metode *continous* dan *discrete* ini memberikan hasil yang relatif setara. Dengan demikian asumsi yang digunakan pada *work sampling* terkait jumlah sampel dan tingkat kepercayaan cukup tepat sehingga kedua metode ini cukup akurat untuk menganalisa produktivitas operasi pemasangan balok baja. Hasil perbandingan produktivitas masing-masing *resource* dengan metode *time studies* dan *work sampling* pada Tabel 9, memberikan konfirmasi bahwa salah satu *Peladen*

merupakan *resource* yang bersifat *idle* sehingga dapat dikurangi jumlahnya. Hasil ini menunjukkan bahwa dapat dilakukan efisiensi penggunaan tenaga kerja pada pelaksanaan operasi pemasangan balok baja sehingga tentunya akan berkontribusi pada efisiensi biaya pelaksanaan proyek.

Tabel 9. Perbandingan LUF *time studies* dan *work sampling*

Type	Op crane (%)	Peladen A (%)	Peladen B (%)	Rigger (%)	Tukang baja (%)
<i>Time studies</i>	46,25	7,70	8,18	18,90	53,10
<i>Work sampling</i>	48,46	10,77	1,54	26,15	50,77

MPDM vs 5-minutes ratings

Pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa hasil yang ditunjukkan oleh kedua metode ini cukup besar perbedaannya, namun masih berada dalam jangkauan proporsi dari produktivitas pekerja konstruksi (40-70%). Perbedaan terjadi karena MPDM dilakukan dengan mengamati enam siklus operasi sedangkan *5-minute rating* dilakukan dalam rentang waktu yang singkat. Dengan demikian data dari kedua metode ini dikatakan cukup akurat untuk menganalisa produktivitas operasi pemasangan balok baja yang secara rata-rata menunjukkan perbandingan presentase pelaksanaan pekerjaan dibanding *delay* sebesar 62% berbanding 38%. Hasil ini menunjukkan produktivitas pelaksanaan konstruksi yang cukup baik ditinjau dari keseluruhan operasi pemasangan balok baja.

Usulan perbaikan nilai produktivitas

Dengan menggunakan metode MPDM, diperoleh nilai produktivitas ideal dari 6 siklus operasi pemasangan balok baja sebesar 7,61 menit/ unit. Dengan adanya penundaan akibat faktor peralatan yang didapat pada saat pengamatan, nilai produktivitasnya menurun hingga 10,56 menit/ unit. Disarankan, untuk mencapai nilai produktivitas ideal, kontraktor dapat melakukan *maintenance* yang rutin terhadap peralatan yang digunakan misalnya untuk *mobile crane* dan *slings*.

Tabel 10. Perbandingan LUF MPDM dan *5-minute Ratings*

Type	Working (%)	Delay (%)
MPDM	73,46	26,54
<i>5-minutes Rating</i>	51,25	48,75

Nilai produktivitas ideal ini kemudian dianalisis untuk memperoleh nilai produktivitas yang lebih baik berdasarkan analisa yang telah dilakukan

dengan metode *cycle chart*, *process chart* dan *crew balance chart*. Usulan perbaikan dilakukan dengan mengurangi satu *resource helper* dan menyerahkan tugasnya kepada *helper* lainnya serta menyusun setiap tugas dengan menggunakan durasi tugas tercepat dari keenam siklus yang diamati, maka diperoleh hasil perbaikan yang dilakukan sebagai berikut.

Cycle Chart

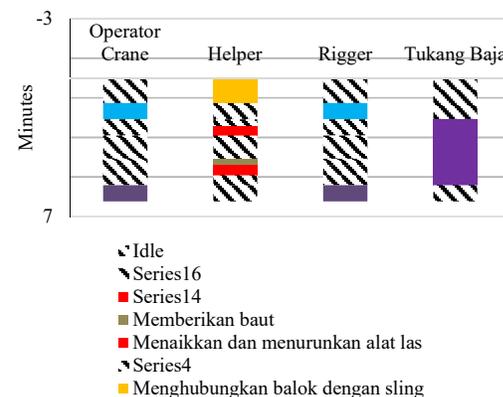
Secara umum urutan pelaksanaan setiap tugas tetap sama dengan kondisi eksistingnya, namun dengan dilakukan pengurangan satu *resource helper* serta pengurangan durasi setiap pekerjaan maka total waktu yang diperlukan untuk mengerjakan operasi pemasangan balok baja berubah dari 8,58 menit/unit menjadi 6,25 unit /menit. Nilai produktivitas ini optimis akan tercapai selama potensi *delay* yang terjadi dapat dihindari serta mengikuti standar pelaksanaan dan mutu yang telah ditetapkan (Tabel 11).

Process Chart

Berdasarkan *process chart* dalam dilihat perbaikan produktivitas yang dilakukan, dimana percepatan durasi operasi, tidak hanya diperoleh melalui perbaikan pelaksanaan tugas yang bersifat *transport* maupun *storage* tetapi juga tugas yang bersifat *operation* dapat dipercepat pelaksanaannya. Tidak ada perubahan pada jarak pelaksanaan karena posisi *layout* yang ada sudah cukup ideal (Tabel 12).

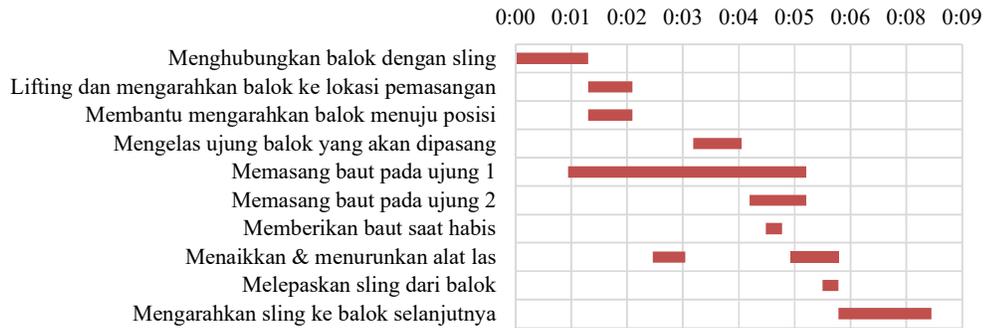
Crew Balance Chart

Dengan pengurangan jumlah *helper* maka berkurang juga jumlah batang yang ditunjukkan dalam *crew balance chart*. Sedangkan pengurangan durasi tugas yang dilakukan maka berkurang juga durasi *idle* dari setiap pekerja yang ditunjukkan pada *crew balance chart* eksisting (Gambar 6).



Gambar 6. Crew balance chart dari usulan perbaikan pemasangan balok baja

Tabel 11. Cycle chart dari usulan perbaikan pemasangan balok baja



Tabel 12. Process chart dari usulan perbaikan pemasangan balok baja

No	Flow Sequence	Operation	Transport	Inspection	Delay	Storage	Quantity	Distance (m)	Time (menit)	Notes (%)	
1	Menghubungkan Balok dengan Sling	●	⇨	□	D	▽	1	1,25	20,00		
2	Lifting dan mengarahkan balok ke lokasi	●	➔	□	D	▽		2	0,833	13,33	
3	Pengelasan, pemasangan dan adjustment balok,	●	⇨	□	D	▽			3,333	53,33	
4	Pelepasan & pemindahan sling ke balok selanjutnya	●	➔	□	D	▽		2	0,833	13,33	
Total								4	6,25	100,00	

Secara keseluruhan diperoleh nilai produktivitas eksisting 10,36 menit/unit, produktivitas ideal 7,61 menit/unit dan produktivitas perbaikan 6,25 menit/unit. Hasil usulan perbaikan produktivitas pada Tabel 11 menunjukkan bahwa operasi pemasangan balok baja pada proyek ini memiliki ruang pengembangan yang signifikan hingga hampir mencapai 40% jika membandingkan antara nilai produktivitas eksisting dan usulan perbaikan yang diberikan. Hal ini menjadi cuplikan yang memberikan petunjuk mengenai potensi peningkatan produktivitas dan keberlanjutan (*sustainability*) konstruksi (Widyaningsih & Tanne, 2023) di Indonesia secara khusus pada struktur baja.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi pemasangan balok baja pada Proyek Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Evaluasi produktivitas berdasarkan metode MPDM dan *5-minutes rating* menunjukkan perbandingan presentase pelaksanaan pekerjaan dibanding *delay* sebesar 62% berbanding 38%. Hasil ini cukup baik mengingat jangkauan proporsi produktivitas pekerja konstruksi berada pada rentang 40-70% dibandingkan dengan 62% pada proyek ini.

Sedangkan Hasil perbandingan produktivitas masing-masing *resource* dengan metode *time studies* dan *work sampling* menunjukkan salah satu *resource* Peladen bersifat *idle* sehingga dapat dikurangi jumlahnya. Peningkatkan produktivitas dapat dilakukan dengan mencegah terjadinya *delay* akibat faktor depresiasi peralatan yang digunakan dan mengurangi jumlah pekerja yang *idle* serta mengoptimalkan durasi masing-masing tugas dengan mengacu pada durasi siklus terbaik yang diperoleh dari hasil pengamatan. Nilai produktivitas pemasangan balok baja dapat meningkat dari 10,36 menjadi 6,25 menit/unit. Hasil penelitian ini memberikan indikasi peningkatan produktivitas operasi konstruksi khususnya pada proyek konstruksi struktur baja. Untuk itu, penelitian ini diharapkan dapat memicu penelitian-penelitian serupa dengan objek perhitungan produktivitas yang berbeda untuk menghasilkan data produktivitas operasi konstruksi dan mendorong peningkatan produktivitas sektor konstruksi di Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Proyek Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan, Bandung yang telah memberikan ijin

pelaksanaan pengamatan di lapangan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- BPS-Statistics Indonesia (2022) 'Konstruksi Dalam Angka 2022', *Konstruksi Dalam Angka 2022*. Available at: <https://www.bps.go.id/publication/2022/12/19/c84c87118c9decd04f00b633/konstruksi-dalam-angka-2022.html> (Accessed: 11 October 2023).
- Chairil, I. (2015). Kajian Pengaruh Peningkatan Jumlah Penduduk Terhadap Ketersediaan Infrastruktur (Studi Kasus di Kota Pontianak). *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 159-167.
- Halpin, D. W., & Riggs, L. S. (1992). *Planning and analysis of construction operations*. John Wiley & Sons.
- Fitriyani, E., Siswosukarto, S., & Sulisty, D. (2021). Pengaruh Faktor Produktivitas Dan Tingkat Kepahaman Tenaga Kerja Terhadap Faktor Teknis Konstruksi Pada Produk Rumah Program Bps (Studi Kasus: Kota Dan Kabupaten Magelang). *Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021*.
- Phusavat, K., & Photaranon, W. (2006). Productivity/performance measurement: case application at the government pharmaceutical organization. *Industrial Management & Data Systems*, 106(9), 1272-1287.
- Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Pangkalan Data Pendidikan Tinggi, 2019 [Online]. Available: <https://forlap.ristekdikti.go.id/prodi/detail/QUIyRkE3NUMtODYwMC00MTZBLUFGN0QtRkY5OTMxNUFGOEYx> [Accessed: November, 2019]
- Mandani, T. (2010). Analisis produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pasangan bata (studi kasus proyek pembangunan rumah sakit dr. Moewardi, Surakarta Jawa Tengah).
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., Howel, G. A. (1989). *Productivity Improvement In Construction*, McGraw Hill, US.
- Putri, K. N. R. (2020). Kajian Pelaksanaan Perbaikan Berkelanjutan Filosofi Kaizen pada Proyek Konstruksi di Indonesia. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 128-139.
- Razak, M. I. M., Osman, I., Yusof, M., Naseri, R., & Ali, M. (2014). Factors affecting labor productivity in Malaysia: an overview. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 2(10), 1-13.
- Sandi, C. K., Cahyono, N., Husodo, I. T., & Suwandi, P. A. P. (2020). Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode Time Study Pada Pekerjaan Kolom (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi Pasar Johar Kota Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Giratory Upgris*, 1(1), 1-10.
- Soham, M., & Rajiv, B. (2013). Critical factors affecting labour productivity in construction projects: case study of south Gujarat region of India. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(4), 583-591.
- Tanne, Y. A., & Indrayani, N. L. A. (2023). Review of Construction Automation and Robotics Practices in Indonesian Construction State-Owned Enterprises: Position in Project Life Cycle, Gap to Best Practice and Potential Uses. *Architecture, Structures and Construction*, 3(3), 373-389.
- Van Tam, N., Huong, N. L., & Ngoc, N. B. (2018). Factors affecting labour productivity of construction worker on construction site: A case of Hanoi. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE)-HUCE*, 12(5), 127-138.
- Widyaningsih, Y. & Tanne, Y.A. (2023). Sustainable Action dalam Konteks Sustainable Construction: Analisis Bibliometrik untuk Pengembangan Penelitian. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 25(1), pp. 29-37.