



# Efisiensi Penggunaan *CBC Calculator* sebagai Alat Bantu Pengukuran Produktivitas Metode *Crew Balance Chart*

Muhammad Abdul Aziz<sup>1</sup>, Redityo Januardi<sup>1</sup>, Muhammad Syaiful Aliim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Corresponding author:

Redityo Januardi | [redityo.januardi@unsoed.ac.id](mailto:redityo.januardi@unsoed.ac.id)

---

## ABSTRACT

Work productivity in construction project operations is often measured using non-scientific methods due to the relatively short time required. Productivity is typically calculated based on daily production output, which is measured in the afternoon. One scientific method for measuring productivity is the Crew Balance Chart (CBC). This study aims to evaluate the efficiency that can be achieved through an Android-based application specifically designed to streamline data processing and reduce measurement time. The method used is a comparative analysis of productivity measurement duration by comparing standard CBC methods with the tools, using a tower crane operation as a case study. The findings reveal an efficiency increase of 142.1%. The use of the Android-based application reduced measurement duration by 1,11 hours, from 3,76 hours to 2,64 hours. It is important to note that the application assists only in the data processing stage, while data collection and analysis continue to follow standard CBC procedures.

Keywords: Android-based application; Construction productivity; Crew Balance Chart; Efficiency

---

## ABSTRAK

Produktivitas operasi kerja pada proyek konstruksi sering kali diukur menggunakan metode nonilmiah karena waktu yang dibutuhkan relatif singkat. Umumnya, produktivitas dihitung berdasarkan jumlah hasil produksi dalam sehari yang diukur pada sore hari. Salah satu metode pengukuran produktivitas yang bersifat ilmiah adalah *Crew Balance Chart* (CBC). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi yang dapat dicapai dengan memanfaatkan aplikasi berbasis Android yang dirancang khusus untuk mempermudah pengolahan data dan mengurangi durasi pengukuran. Metode yang digunakan adalah analisis perbandingan durasi pengukuran produktivitas berdasarkan standar CBC dan bantuan aplikasi dengan menggunakan studi kasus pengoperasian *tower crane*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi mencapai 142,1%. Penggunaan aplikasi berbasis Android ini mengurangi durasi pengukuran sebesar 1,11 jam, dari 3,76 jam menjadi 2,64 jam. Penting untuk dicatat bahwa aplikasi ini hanya membantu pada tahap pengolahan data, sementara tahap pengumpulan dan analisis data tetap mengikuti prosedur standar CBC.

Kata Kunci: Aplikasi berbasis Android; *Crew Balance Chart*; Efisiensi; Produktivitas konstruksi

## ARTICLE HISTORY

Received: May 15, 2024

Revised: July 22, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

## CITATION (APA 7<sup>TH</sup>)

Aziz, M. A., Januardi, R., & Aliim, M. S. (2024). Efisiensi penggunaan CBC calculator sebagai alat bantu pengukuran produktivitas metode crew balance chart. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 125–138. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.50>

## PENDAHULUAN

Keterlambatan proyek konstruksi disebabkan oleh berbagai faktor. Enam di antara sepuluh faktor utamanya berkaitan dengan aspek kesiapan material dan kondisi tenaga kerja (Wirabakti *et al.*, 2017). Kinerja proyek dapat dilihat dalam skala terkecil, yaitu pada level operasi, di mana pekerja beserta timnya menyelesaikan jenis operasi tertentu, seperti mobilisasi material ke elevasi lebih tinggi menggunakan *tower crane* (Nataadiningrat *et al.*, 2020). Pengukuran produktivitas operasi pekerjaan konstruksi jarang dilakukan dengan metode ilmiah karena waktu yang dibutuhkan relatif lama (Januardi *et al.*, 2023). Umumnya, produktivitas dihitung menurut jumlah hasil produksi harian yang diukur di sore hari. Salah satu metode ilmiah pengukuran produktivitas adalah *Crew Balance Chart* (CBC).

Menurut Yates (2014), CBC digunakan untuk mencatat aktivitas setiap anggota kru selama periode tertentu. Tujuan utama metode ini adalah memberikan catatan tentang kapan pekerja melakukan tugas secara efektif, jenis pekerjaan yang dilakukan, serta waktu saat mereka tidak bekerja. Data dari CBC digunakan untuk meningkatkan produktivitas dengan menilai proporsi tim yang ada terhadap beban kerja, termasuk alokasi beban kerja secara merata. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi waktu menganggur sehingga dapat meningkatkan produktivitas.

Perkembangan teknologi digital dan informasi memberikan dampak signifikan pada sektor industri konstruksi (Faisal & Fansuri, 2023). Menurut Tanne dan Indrayani (2023), kontraktor BUMN di Indonesia kini telah mengadopsi teknologi otomatisasi dan robotik, seperti drone, realitas virtual (*virtual reality*), serta metode cetak dan modularisasi. Selain itu, aplikasi teknologi juga diterapkan dalam tahap pelaksanaan konstruksi melalui *Digital Twin* dan *Building Information Modelling* (BIM). Soemardi *et al.* (2020) menyatakan bahwa kontraktor di Indonesia cenderung lebih memilih teknologi dan aplikasi yang sudah tersedia dibandingkan mengembangkan secara internal melalui tim riset dan pengembangannya.

Salah satu alat berbasis *cloud* yang sering digunakan dalam pengembangan aplikasi Android adalah MIT App Inventor (MIT, 2024), yang berguna bagi dunia konstruksi. Beberapa aplikasi yang telah dikembangkan di antaranya adalah aplikasi *augmented reality* berbasis seluler (Zaher *et al.*, 2018), pemodelan *rodit* untuk menghitung gaya lateral pada pondasi tiang pancang (Liongono *et al.*, 2023), serta model *MPDM Calculator* untuk menghitung produktivitas dan keterlambatan tenaga kerja (Dewangga, 2023).

Digitalisasi pengukuran produktivitas operasi konstruksi dengan metode ilmiah merupakan salah satu jawaban atas kebutuhan kontrol

proyek. Dewangga (2023) menunjukkan bahwa perhitungan produktivitas menggunakan teknologi dengan metode MPDM (*Method Productivity Delay Model*) dapat mengurangi durasi perhitungan meskipun hanya pada tahap pengambilan data. Sementara itu, penelitian Aziz (2023) juga membuktikan bahwa penggunaan teknologi dalam metode CBC mampu mengurangi durasi perhitungan produktivitas.

Penelitian ini akan menilai efisiensi penggunaan alat bantu berupa aplikasi berbasis Android dalam pengolahan data sebagai salah satu proses dalam pengukuran produktivitas operasi konstruksi menggunakan metode CBC. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif bagi pemangku kepentingan lapangan dalam menghadapi tantangan terkait durasi pengukuran produktivitas yang lama serta memberikan keyakinan kepada kontraktor dalam memanfaatkan aplikasi. Studi kasus yang dipilih dalam penelitian ini adalah operasi *tower crane*.

## KERANGKA TEORI

### Produktivitas

Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil aktual di lapangan dengan masukan atau *input* yang diperlukan (Hernandi & Tamtana, 2020). Kartika *et al.* (2021) mendefinisikan produktivitas sebagai rasio antara volume pekerjaan dengan kebutuhan durasi dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Artinya, produktivitas adalah ukuran efisiensi produksi yang menunjukkan perbandingan antara keluaran (*output*) dan masukan (*input*).

Pengukuran produktivitas dengan metode ilmiah melibatkan beberapa tahap utama sebagai berikut (Januardi *et al.*, 2021):

1. **Pengambilan data** melalui dokumentasi data pekerjaan berupa rekaman video yang diambil menggunakan kamera untuk keperluan analisis lebih lanjut.
2. **Pengolahan data**, di mana data yang diperoleh dari pengamatan di-*input* ke dalam formulir sesuai dengan metode pengukuran yang digunakan. Data ini bisa berupa klasifikasi aktivitas pekerja, durasi kerja, serta waktu aktivitas atau keterlambatan (*delay*).
3. **Analisis produktivitas**, yaitu tahap yang bertujuan mengidentifikasi tingkat produktivitas dan besaran keterlambatan (*delay*) pada suatu operasi kerja.
4. **Analisis peningkatan produktivitas**, di mana CBC digunakan untuk menganalisis potensi pengurangan durasi kerja pada setiap siklus. Hal ini dilakukan dengan mengeliminasi keterlambatan atau mengurangi jumlah pekerja sebagai bentuk efisiensi (Suharto & Sulistio, 2020).

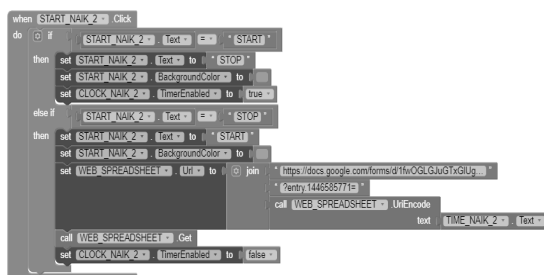
### Crew Balance Chart (CBC)

Menurut Dozzi dan AbouRizk (1993), CBC adalah metode untuk membandingkan keterkaitan antara berbagai anggota kru dan peralatan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Metode ini menampilkan data hasil pengamatan dalam bentuk diagram batang vertikal yang menunjukkan durasi aktivitas pekerja yang berlangsung dalam pekerjaan berulang. Setiap batang mewakili individu atau elemen alat berat yang terlibat dalam tugas yang sedang dikerjakan. Sumbu-Y pada grafik ini menyatakan waktu dari total siklus waktu atau waktu aktual dalam sehari. Batang ini terbagi secara vertikal untuk menunjukkan waktu yang dihabiskan pada setiap aktivitas dalam siklus tugas, termasuk waktu tidak produktif, waktu tidak efektif, dan waktu menganggur. Agar aktivitas setiap anggota kru tercatat secara akurat, diperlukan alat bantu seperti *stopwatch* atau *video recorder*.

Menurut Rizky (2022), kendala penerapan metode CBC terutama terjadi pada kegiatan pengamatan langsung. Pada satu operasi konstruksi, jumlah tenaga kerja yang perlu diamati kinerjanya di lapangan tidak hanya satu atau dua orang saja sehingga ketelitian sangat diperlukan. Alternatif terbaik adalah merekam aktivitas menggunakan video agar dapat diolah pada waktu yang lain. Tantangan lainnya muncul pada tahap analisis data untuk peningkatan kinerja karena memerlukan waktu untuk menelaah data dari rekaman video (yang sering kali lebih lama daripada durasi video itu sendiri) serta pada proses *input* data ke dalam *Microsoft Excel* sesuai dengan formulir metode CBC.

**Aplikasi CBC Calculator dan User Interface**

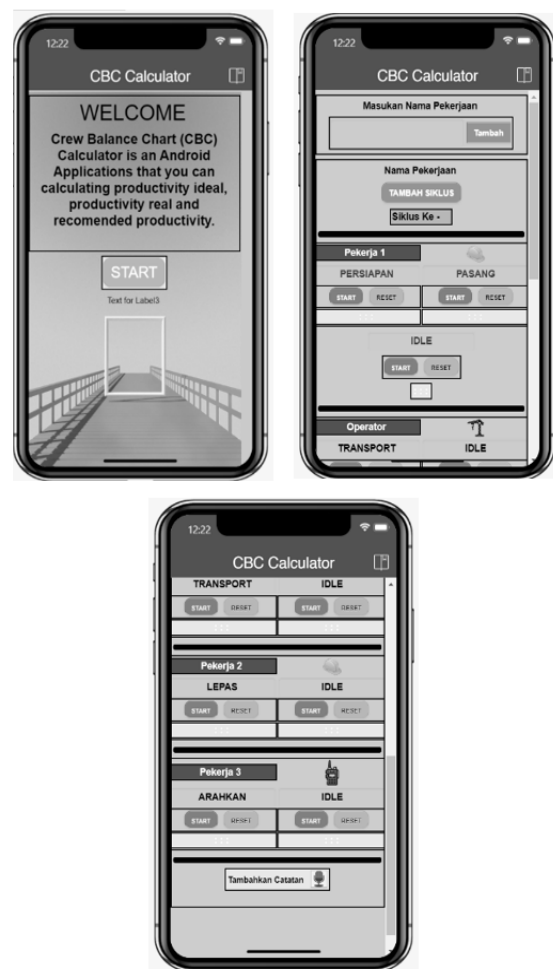
Aplikasi CBC Calculator adalah hasil digitalisasi dari metode pengukuran CBC yang dikembangkan oleh Aziz (2023) menggunakan *platform* pengembangan aplikasi Android, yakni MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) *App Inventor*. Pengembangan aplikasi Android dengan *MIT App Inventor* dilakukan secara *drag and drop* yang memungkinkan pengguna untuk mengubah ide menjadi objek visual yang dapat dioperasikan melalui perangkat *smartphone* (Liongono *et al.*, 2023). Gambar 1 memperlihatkan desain pemrograman dengan metode *drag and drop* pada *CBC Calculator*.



Gambar 1. Bagian *coding block* penyusun *interface* untuk inputan kondisi *tower crane* menaikkan barang


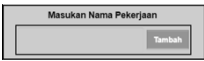




Aplikasi ini membantu dalam proses pengambilan dan pengolahan data sehingga tahap pencatatan aktivitas pekerjaan di lapangan serta pengolahan data dengan mengamati *video playback* tidak lagi diperlukan. Tampilan antarmuka pengguna (*user interface*) dari *CBC Calculator* yang cukup ramah pengguna (*user-friendly*). Fitur-fitur yang disediakan diharapkan dapat membantu pengguna dalam memasukkan data pada CBC sebagai bagian dari proses pengolahan data.

Gambar 2 di bawah ini menunjukkan *interface* dari *CBC Calculator*, sedangkan Tabel 1 menguraikan fungsi dari masing-masing fitur yang tersedia.



Gambar 2. *User interface* dari *CBC Calculator*

Tabel 1. Fungsi tombol aplikasi

Tombol	Fungsi
	Memulai aplikasi <i>CBC Calculator</i>
	Memasukan nama pekerjaan
	Menambahkan siklus pekerjaan
	<i>Start</i> untuk memulai dan menghitung durasi pekerjaan
	<i>Stop</i> untuk berhenti dan data langsung masuk <i>spreadsheet</i> <i>Reset</i> untuk memulai kembali perhitungan
	Untuk menambahkan catatan dengan berbicara. Suara dapat dikonversi ke dalam bentuk tulisan secara otomatis.

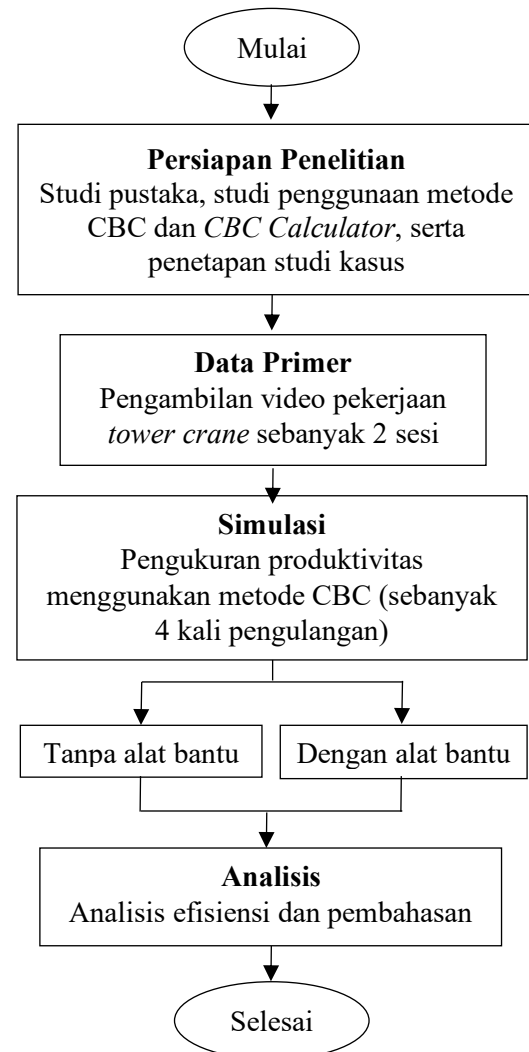
### Tower Crane

*Tower crane* adalah alat pengangkat dan pemindah material secara vertikal dari elevasi rendah ke yang lebih tinggi atau sebaliknya, yang bekerja dengan prinsip kerja kabel baja (Pranata, 2021). Menurut Peurifoy (1970), *tower crane* memerlukan perencanaan yang matang karena ia diletakkan secara tetap pada lokasi tertentu selama aktivitas konstruksi. *Tower crane* harus mampu melayani semua titik permintaan dari posisinya yang tetap. Perencanaan harus dapat memastikan bahwa pengangkutan material dapat dipenuhi dalam radius yang disediakan *tower crane*. Menurut Hartono dan Alifen (2013), waktu siklus *tower crane* adalah waktu tempuh yang diperlukan *tower crane* untuk melakukan satu kali putaran. Waktu siklus terdiri dari waktu muat (*loading time/LT*), waktu angkut (*hauling time/HT*), waktu pembongkaran (*dumping time/DT*), waktu kembali (*return time/RT*), dan waktu tunggu (*spotting time/ST*). Waktu siklus keseluruhan diperoleh dengan rumus  $CT = LT + HT + DT + RT + ST$ .

## METODOLOGI

### Desain Penelitian

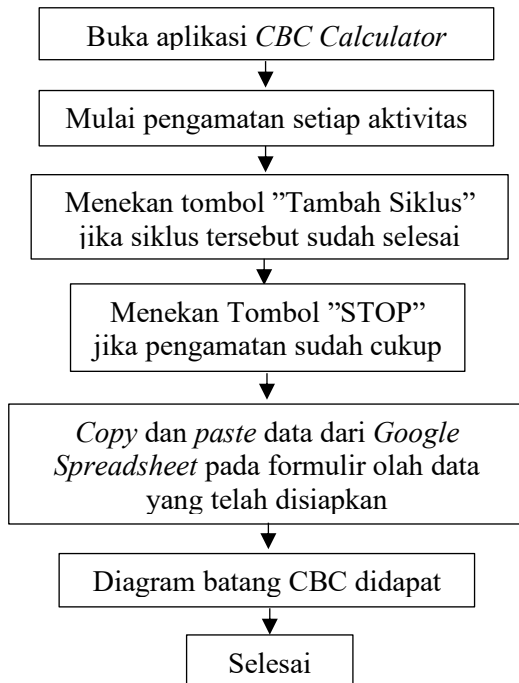
Penelitian ini menerapkan analisis perbandingan kuantitatif berupa durasi yang dibutuhkan dari proses pengukuran produktivitas operasi konstruksi dengan metode CBC antara menggunakan dan tanpa alat bantu berupa aplikasi Android yang telah dirancang sebelumnya, yaitu *CBC Calculator*. Studi kasus yang digunakan adalah pekerjaan operasi *tower crane* pada proyek gedung 3 lantai. Simulasi pengukuran dilakukan dalam dua sesi dan berulang sebanyak empat kali untuk menghasilkan data durasi yang konsisten dan mencerminkan kondisi normal.



Gambar 3. Alur penelitian

### Penggunaan *CBC Calculator*

*CBC Calculator* bekerja untuk mendapatkan waktu produktivitas pekerja pada saat menekan tombol “*STOP*” dan hasil dari aplikasi tersebut langsung masuk ke *Google Spreadsheet*. Hasil aplikasi tersebut bersifat mentah sehingga pengguna harus menyalin data dari *Google Spreadsheet* terlebih dahulu lalu menempel hasil salinan tersebut ke *Microsoft Excel*. Akses *Spreadsheet* dan *Microsoft Excel* tersedia pada aplikasi untuk memudahkan pengguna. Berikut merupakan alur penggunaan *CBC Calculator*.



Gambar 4. Cara kerja aplikasi *CBC Calculator*

### Teknik Pengukuran Produktivitas

Pengukuran produktivitas dilakukan dalam tiga tahap utama, yaitu pengambilan data di lapangan, pengolahan data, dan analisis data untuk perbaikan kinerja. Berikut merupakan langkah-langkah pengukuran produktivitas menggunakan metode CBC.

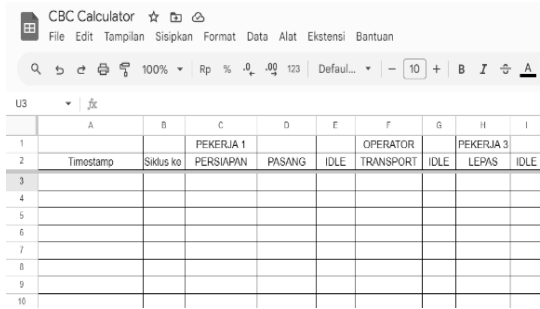
1. Pengambilan data dilakukan dengan cara merekam video operasi *tower crane* dengan jumlah siklus yang mencukupi.

Jika operasi cukup sederhana dan memungkinkan untuk diamati dan diolah langsung di lapangan, rekap data dapat dilakukan tanpa merekam video.

2. Data yang telah terekam kemudian diolah dengan cara mengamati video *play-back* dan merekap durasi setiap tahapan dalam 1 siklusnya pada blangko CBC dengan format *Excel*.
3. Pengolahan data dilanjutkan dengan mengubah data mentah menjadi data *barchart* arah vertikal dari setiap aktivitas personil yang terlibat dalam operasi *tower crane* dengan durasi tertentu.
4. Analisis data dilakukan dengan *me-review* durasi *delay*/tidak bekerja setiap personil yang memungkinkan untuk dihilangkan atau dikurangi. Upaya ini menghasilkan penurunan durasi yang dibutuhkan dalam 1 siklus pemindahan material oleh *tower crane*. Namun, langkah ini tidak ditempuh pada penelitian ini karena tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai efisiensi dari penggunaan alat bantu.

Pada pengukuran produktivitas dengan metode CBC menggunakan alat bantu *CBC Calculator*, perbedaan utamanya terletak pada proses rekapitulasi durasi yang tidak lagi dilakukan secara manual. Durasi kegiatan akan tercatat secara otomatis tanpa perlu menghitung waktu mulai dan selesai dari setiap aktivitas. Hal ini dimungkinkan karena *CBC Calculator* dilengkapi dengan fitur *timer* yang berjalan secara otomatis. Setiap kali pengguna mengklik data yang menunjukkan bahwa suatu aktivitas telah selesai, durasi aktivitas tersebut akan langsung terhitung secara otomatis.

Hasil rekapitulasi penghitungan *CBC Calculator* akan tertuang dalam *Google Sheet*, sebagaimana terlihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 5. Spreadsheet CBC Calculator

### Teknik Pengukuran Efisiensi

Tsolas (2013) mendefinisikan efisiensi sebagai “melakukan sesuatu dengan benar”, sementara efektivitas berarti “melakukan sesuatu yang benar.” Efisiensi yang diukur merupakan peningkatan nilai untuk melakukan sesuatu dengan benar, di mana alternatif ini memiliki durasi yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional. Durasi yang dibutuhkan dalam proses pengukuran akan dibandingkan antara dua metode, yaitu standar CBC dan alat bantu *CBC Calculator*. Simulasi pada tahapan ini dilakukan beberapa kali untuk menghasilkan data durasi yang konsisten dan mencerminkan kondisi normal (Ugulu & Allen, 2018). Selain itu, setiap pengulangan memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemahiran dan mengurangi kejadian kesalahan *input* atau kesalahan hitung akibat *human error* (Tai et al., 2021). Jumlah simulasi akan bergantung pada signifikansi perubahan durasi yang terjadi, dengan mempercepat durasi pengamatan pada video *play-back* asalkan keterbacaan pengamatan masih dapat dilakukan. Perlakuan tersebut dilakukan dengan meningkatkan kecepatan *play-back video* menjadi lebih dari satu kali kecepatan normal yang masih mungkin untuk diamati. Cara tersebut adalah dengan meningkatkan *play-back speed* yang semula normal sampai kemampuan maksimum dalam mengamati video.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahap Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data yaitu pada proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Hj. Anna Lasmanah Banjarnegara di Jl. Mayjend Soetojo No. 72 Banjarnegara. Pengambilan data di lapangan menggunakan alat bantu berupa *video recorder* pada *smartphone*. Durasi video sesi 1 adalah 4.765 detik atau setara dengan 1,323 jam. Adapun sesi 2 adalah 7.146 detik atau setara dengan 1,985 jam. Besaran durasi tersebut digunakan untuk pengukuran produktivitas baik dengan metode standar CBC maupun dengan alat bantu.

### Tahap Pengolahan Data

Tahap ini meliputi pencatatan durasi setiap aktivitas. Pencatatan durasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pencatatan durasi aktivitas dalam satu siklus

No	Kegiatan	Durasi (detik)			
		Pekerja 1	Operator	Pekerja 3	Pekerja 4
1	Persiapan	28			
2	Transport		80		
3	Pasang	71			
4	Idle P1	267			
5	Idle OP		77		
6	Transport		97		
7	Arahkan				194
8	Lepas			139	
9	Transport		69		
10	Idle OP		30		
11	Idle P3			205	
12	Idle P4				148
13	Transport		82		

Tahap pengolahan data dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi *play-back speed* video yang berbeda-beda: Diawali dengan kondisi normal hingga kemampuan maksimum dalam mengamati video, menjadi sampai 2x kecepatan normal. Adapun setelah dicoba di kecepatan 2,5x dan di atasnya, penulis tidak dapat mengidentifikasi dengan baik durasi dan aktivitas dari video *recorder*.

Dari percobaan 1 hingga 4 secara berturut-turut menggunakan kecepatan 1,0x; 1,5x; 2,0x, dan 2,0x, penulis memperoleh hasil pencatatan sebagai berikut.

1. Metode konvensional (standar CBC)

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tahap pengamatan, perhitungan, serta pencatatan durasi aktivitas pekerja untuk sesi 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 8.774 detik dan 8.276 detik atau setara dengan 2,437 jam dan 2,298 jam. Berikut tabel rekapnya.

Tabel 3. Durasi pengukuran secara konvensional pada video sesi 1

Konvensional	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 1	4.765	4.765	4.765	4.765
	Review + Hitung	12.093	9.841	8.775	8.774
	Total	16.858	14.606	13.540	13.539

Tabel 4. Durasi pengukuran secara konvensional pada video sesi 2

Konvensional	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 2	7.146	7.146	7.146	7.146
	Review + Hitung	10.802	9.847	9.279	9.276
	Total	17.948	16.993	16.425	16.422

2. Metode dengan CBC Calculator

Saat menggunakan alat bantu, durasi pengukuran yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan standar CBC: Pada sesi 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 4.765 detik dan 7.227 detik atau setara dengan 1,323 jam dan 2,007 jam.

Tabel 5. Durasi pengukuran dengan alat bantu pada video sesi 1

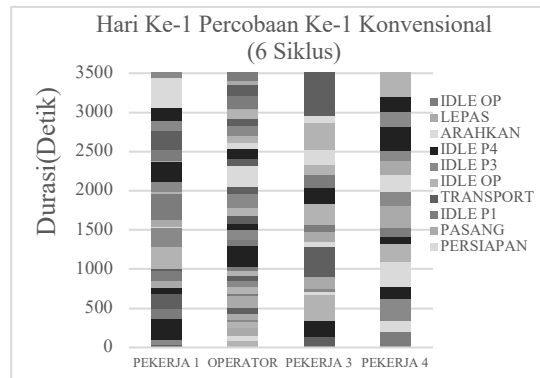
Alat Bantu	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 1	4.765	4.765	4.765	4.765
	Review + Hitung	5.463	4.794	4.766	4.765
	Total	10.228	9.559	9.531	9.530

Tabel 6. Durasi pengukuran dengan alat bantu pada video sesi 2

Alat Bantu	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 2	7.146	7.146	7.146	7.146
	Review + Hitung	8.434	7.450	7.256	7.227
	Total	15.580	14.596	14.402	14.373

Tahap Analisis Data

Tahap analisis data tidak dilakukan karena tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai efisiensi dari penggunaan alat bantu. Adapun hasil *plotting* ke dalam diagram batang adalah sama, baik menggunakan maupun tanpa alat bantu sebagaimana Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang CBC pada video 1

Sebagai ilustrasi proses pengukuran produktivitas dalam analisis diagram batang CBC, Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada batang kedua, operator sedang memindahkan barang yang ditandai dengan warna biru. Proses satu siklus pemindahan barang memerlukan dua kali transportasi, yaitu menaikkan dan menurunkan barang ke tempat semula untuk diisi kembali. Durasi total pemindahan adalah 3.500 detik, dengan jumlah 11 strip batang biru yang setara dengan hampir 6 siklus, meskipun kondisi *hoist crane* belum kembali ke titik awal. Oleh karena itu, produktivitas *tower crane* dapat dihitung sebagai 3.500 detik dibagi 6 kali pemindahan, yang menghasilkan 583,33 detik per pemindahan, atau setara dengan 9,72 menit per pemindahan. Ini merupakan produktivitas riil yang masih memiliki potensi untuk perbaikan pada tahap analisis peningkatan kinerja.

Sebagai gambaran proses perbaikan kinerja dalam analisis diagram batang CBC, pada tahap ini, ketinggian batang berwarna hitam yang menunjukkan *delay* harus dihilangkan



atau ditekan di setiap pekerja semaksimal mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis di lapangan, alur siklus, dan ketergantungan antaraktivitas. Beberapa alternatif untuk menghilangkan *delay* adalah meningkatkan supervisi, manajemen material yang akan diangkut, penempatan lokasi gudang material, teknik pengepakan material sebelum diangkut, atau mungkin juga dilakukan dengan mengurangi jumlah personel yang relatif memiliki pekerjaan paling ringan dan sedikit. Tugas personel tersebut dapat dialihkan pada personel lain dengan mensubstitusikannya dengan *delay* yang disebabkan oleh waktu tunggu aktivitas lain yang memiliki hubungan ketergantungan. Meskipun tidak mengurangi durasi siklus operasi, cara ini dapat mengurangi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan untuk personel yang dikurangi tersebut.

### Perbandingan Nilai Efisiensi Pengukuran

Perbandingan durasi antara menggunakan dan tidak menggunakan *CBC Calculator* adalah durasi pada proses pengambilan data *recorder*, pengamatan data *recorder*, dan *input* data ke dalam *form* tabel pengukuran produktivitas *CBC*.

Durasi Rekam Video	Durasi Pengamatan + Perhitungan dan Input Data di excel
4.765 detik	12.093 detik
Durasi Rekam Video	Durasi Pengamatan + Input Data di CBC Calculator
4.765 detik	5.463 detik

Gambar 7. Rerata durasi dan tahapan pengambilan dan pengolahan data video 1

Rekapitulasi perbandingan durasi pengukuran produktivitas *CBC* antara metode konvensional dan penggunaan *CBC Calculator* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8. Nilai efisiensi diperoleh dengan membagi total durasi pengukuran produktivitas secara konvensional dengan durasi pengukuran menggunakan alat bantu *CBC Calculator*. Pada percobaan pertama di

Video 1, nilai efisiensi tercatat sebesar 164,8%, lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan-percobaan berikutnya. Namun, nilai efisiensi ini belum mencerminkan kondisi normal. Pengguna masih memiliki potensi untuk memaksimalkan *treatment* dari kedua metode tersebut. Hal ini disebabkan oleh pengukuran produktivitas menggunakan metode standar yang belum dioptimalkan untuk mempercepat durasi pengamatan pada video *play-back* sehingga masih terdapat peluang percepatan pada cara standar.

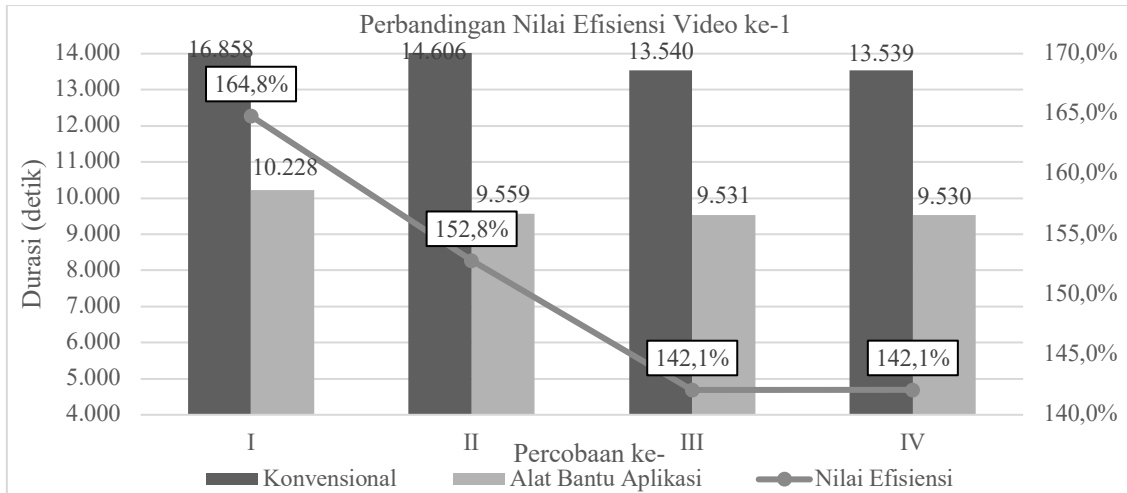
Terdapat penurunan durasi yang signifikan dalam pengukuran produktivitas, terutama pada metode konvensional, dengan selisih antara percobaan pertama dan percobaan keempat mencapai 16.858 detik dan 13.539 detik, sehingga diperoleh selisih sebesar 3.319 detik atau 55,31 menit. Namun, jika dilihat dari selisih durasi pada metode *CBC* dengan alat bantu, penurunannya hanya berkisar antara 10.228 detik dan 9.530 detik, dengan selisih sebesar 698 detik atau 11,63 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran efisiensi penggunaan alat bantu yang dibandingkan dengan metode standar *CBC* perlu disimulasikan beberapa kali untuk mencapai kondisi normal dan memaksimalkan semua potensi dari setiap metode.

Tabel 7. Efisiensi penggunaan *CBC Calculator* pada video sesi 1

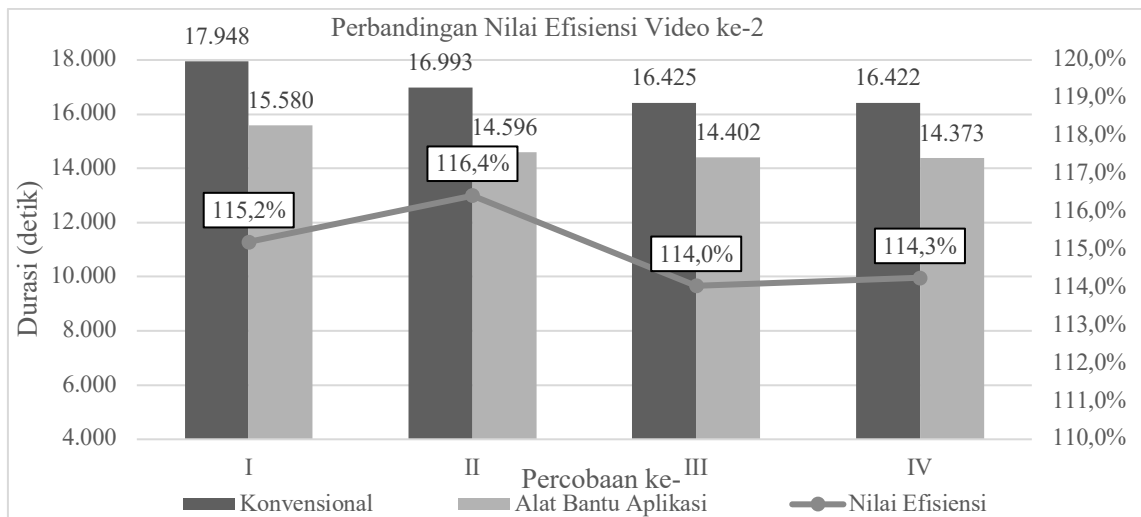
Metode	Durasi Pengerjaan (detik)			
	1	2	3	4
Konvensional	16.858	14.606	13.540	13.539
Alat Bantu	10.228	9.559	9.531	9.530
Selisih	6.630	5.047	4.009	4.009
<b>Efisiensi (%)</b>	<b>164,8</b>	<b>152,8</b>	<b>142,1</b>	<b>142,1</b>

Tabel 8. Efisiensi penggunaan *CBC Calculator* pada video sesi 2

Metode	Durasi Pengerjaan (detik)			
	1	2	3	4
Konvensional	17.948	16.993	16.425	16.422
Alat Bantu	15.580	14.596	14.402	14.373
Selisih	2.368	2.397	2.023	2.049
<b>Efisiensi (%)</b>	<b>115,2</b>	<b>116,4</b>	<b>114,0</b>	<b>114,3</b>



Gambar 7. Diagram perbandingan durasi pengukuran dan efisiensi antara metode konvensional dan dengan menggunakan alat bantu pada video 1



Gambar 8. Diagram perbandingan durasi pengukuran dan efisiensi antara metode konvensional dan dengan menggunakan alat bantu pada video 2

Diagram perbandingan yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa penerapan alat bantu mampu mengurangi durasi pengukuran produktivitas baik pada percobaan pertama hingga percobaan keempat. Hal ini selaras dengan prinsip nilai tambah dari penggunaan teknologi pada sebuah metode (Tanne & Indrayani, 2023). Bahkan, aplikasi Android yang dikembangkan oleh Nanda *et al.* (2022) dapat mereduksi durasi waktu inspeksi, dari semula 15-20 menit menjadi hanya 2-3 menit di setiap gedung.

Pada pengukuran aktivitas Video 1 memiliki selisih efisiensi lebih besar dari pada Video 2. Hal ini dikarenakan Video 2 berdurasi setengah jam lebih panjang dibandingkan Video 1, di mana durasi video berkontribusi sebanyak 50-90% dalam proses pengukuran produktivitas, terutama pada proses perekaman dan *review* video. Hal ini selaras dengan hambatan praktisi yang ditemukan oleh Ulhaq (2023) dalam pengukuran produktivitas secara ilmiah. Untuk dapat meningkatkan efisiensi durasi pengukuran, pengguna dapat mengambil dan merekap

data di lapangan secara langsung tanpa melalui proses perekaman video. Hal ini dapat mengurangi durasi pengukuran mendekati 50%.

Adanya kurva belajar yang terbentuk dari empat kali pengulangan simulasi menunjukkan kondisi normal pada pengulangan keempat. Data yang disajikan menjadi lebih akurat dan merepresentasikan keadaan normal dari penggunaan metode pengukuran CBC. Data kurva belajar ini akan memberikan analisis yang lebih akurat dalam upaya optimasi durasi pekerjaan (Abdelkhalek *et al.*, 2020).

Aplikasi *CBC Calculator* yang dikembangkan memberikan gambaran mengenai peluang untuk meningkatkan penggunaan metode pengukuran dengan memanfaatkan teknologi aplikasi. Aplikasi Android yang dirancang oleh Liongono *et al.* (2023) menggunakan *platform MIT App Inventor* untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi pada pondasi tiang pancang. Hasil perhitungan dari aplikasi tersebut tidak menunjukkan selisih nilai yang signifikan dibandingkan hasil perhitungan manual sehingga efektivitas penggunaan aplikasi dalam membantu proses analisis dinilai telah tercapai.

Pengukuran performa yang efisien berkontribusi pada peningkatan produktivitas tenaga kerja dan peralatan. Dengan memantau dan menganalisis data performa, proyek dapat dikelola untuk memastikan bahwa setiap bagian dari proses konstruksi berjalan lancar dan tanpa hambatan. Peningkatan produktivitas ini secara langsung dapat meningkatkan efisiensi pembangunan infrastruktur. Selain itu, pengukuran produktivitas berfungsi sebagai indikator untuk mengevaluasi sejauh mana produktivitas yang direncanakan telah tercapai (Sasmita *et al.*, 2023), baik pada pembangunan gedung maupun infrastruktur.

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode alat bantu aplikasi lebih efisien dibandingkan dengan metode perhitungan konvensional. Dengan aplikasi *CBC Calculator*, pengguna dapat menghemat waktu dan tenaga dalam menerapkan metode CBC. Empat kali percobaan yang dilakukan menghasilkan nilai efisiensi durasi pengukuran produktivitas menggunakan alat bantu sebesar 142,1% pada kasus Video 1 dan 114,3% pada kasus Video 2. Proses *input* data waktu untuk setiap aktivitas dan perhitungan durasi secara manual dapat dieliminasi dan digantikan dengan perhitungan otomatis menggunakan alat bantu.

Perlu dicatat bahwa penggunaan *CBC Calculator* ini baru membantu salah satu tahap dalam serangkaian proses pengukuran produktivitas konstruksi. Oleh sebab itu, aplikasi ini layak untuk dikembangkan lebih lanjut pada tahap lainnya sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap *video recording* sebagai data utama.

## TENTANG PENULIS

Muhammad Abdul Aziz menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman. Fokus risetnya terletak pada pengembangan aplikasi untuk pengukuran produktivitas konstruksi. Untuk keperluan komunikasi, silakan berkorespondensi melalui email: muhammad.aziz070@mhs.unsoed.ac.id.

Redityo Januardi memperoleh gelar magister (S2) di bidang teknik sipil dari Institut Teknologi Bandung. Keahlian utamanya adalah dalam pengukuran produktivitas konstruksi. Saat ini, ia berprofesi sebagai dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman. Email yang dapat digunakan untuk menghubunginya adalah redityo.januardi@unsoed.ac.id.

Muhammad Syaiful Aliim merupakan ahli di bidang kecerdasan buatan dan *Internet of Things* (IoT), dengan gelar magister (S2) dari Universitas Indonesia. Penelitian utamanya berfokus pada *augmented reality*. Saat ini, ia menjabat sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Soedirman. Ia dapat dihubungi melalui email: muhammad.syaiful.aliim@unsoed.ac.id.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman atas dukungannya selama proses pengembangan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan pada mitra bebestari atas telaaahnya untuk peningkatan kualitas artikel ini, serta kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

---

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Abdelkhalik, H. A., Refaie, H. S., & Aziz, R. F. (2020). Optimization of time and cost through learning curve analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1069–1082. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.12.007>
- Aziz. (2023). *Studi inisiasi penggunaan metode pengukuran produktivitas metode crew balance chart berbasis mobile application*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Dewangga. (2023). *Studi inisiasi penggunaan metode pengukuran produktivitas method productivity delay model berbasis mobile application*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Dozzi, S. P., & AbouRizk, S. M. (1993). *Productivity in construction*. Institute for Research in Construction, National Research Council Ottawa.
- Faisal, U. F., & Fansuri, I. (2023). Pengembangan teknologi digital terhadap pemenuhan keselamatan konstruksi di Indonesia. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 6(2), 35–45. <https://doi.org/10.25105/cesd.v6i2.18811>
- Hartono, P. E., & Alifien, R. S. (2013). Program perhitungan efektivitas waktu dan biaya pemakaian tower crane. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2(2), 1–9. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/1204>
- Hernandi, Y., & Tamtana, J. S. (2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja pada pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(2), 299–312. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i2.6985>
- Januardi, R., Nugroho, P. S., & Mulyono, B. (2023). Persepsi pengguna dalam mengukur kinerja operasi konstruksi berbasis sampling menggunakan analytical hierarchy process. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil, dan Teknik Informasi*, 6(2), 112–121. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i2.4517>
- Januardi, R., Sudibyo, G. H., Saputro, D. N., & Nugroho, P. S. (2021). Studi produktivitas operasi konstruksi pekerjaan dinding bata ringan pada proyek gedung bedah RSUD Banyumas. *Seminar Nasional Ketekniksipil, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)*, 1(1), 67–72. <https://prosiding.uika-bogor.ac.id/index.php/kiijk/article/view/335>
- Kartika, N., Robial, S. M., & Pratama, A. (2021). Analisis produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan kolom di proyek pembangunan gedung pemda kabupaten Sukabumi. *Jurnal Momen Teknik Sipil Suryakencana*, 3(2), 103–112. <https://doi.org/10.35194/momen.v3i2.1207>
- Liongono, L. L., Saharuddin, A., Hartanto, D. H. D., & Leong, H. (2023). Pemodelan rodit untuk menghitung gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode Brom berbasis MIT app inventor. *G-Smart*, 7(1), 66–80. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v7i1.10252>
- MIT. (2024). *MIT App Inventor*. <https://appinventor.mit.edu/about-us>
- Nanda, R. P., Damarla, R., & Nayak, K. A. (2022). Android application of rapid visual screening for buildings in Indian context. *Structures*, 46, 1823–1836. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.10.140>

- Nataadiningrat, B. B., Prabowo, A. W., Rasmawan, I., Putri, A. T., Abduh, M., & Wirahadikusumah, R. D. (2020). Analysis of NATM tunneling method using cyclone modeling and simulation tools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 933(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/933/1/012002>
- Peurifoy, R. L. (1970). *Construction planning, equipment, and methods*. McGraw-Hill.
- Pranata. (2021). Analisis pengoperasian tower crane untuk pekerjaan pengecoran struktur kolom. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 19(1), 75–83. <https://doi.org/10.35760/dk.2020.v19i1.2698>
- Rizky. (2022). *Analisis beserta peningkatan produktivitas pekerjaan tiang pancang menggunakan metode chart*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Sasmita, A. A., Fiara, A., Utama, A. B., & Islami, R. C. (2023). Pengukuran produktivitas tenaga kerja pemasangan plafon U-baffle menggunakan metode time study dan productivity rating. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 2(2), 75–87. <https://doi.org/10.56911/jik.v2i2.75>
- Soemardi, B. W., Kusuma, B., & Abduh, M. (2020). Technology assessment in Indonesian construction industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 849(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/849/1/012077>
- Suharto, I. P., & Sulistio, H. (2020). Produktivitas pekerja dalam pekerjaan plesteran dinding bata dengan metode crew balance chart. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1373–1382. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i4.8378>
- Tai, H.-W., Chen, J.-H., Cheng, J.-Y., Hsu, S.-C., & Wei, H.-H. (2021). Learn curve for precast component productivity in construction. *International Journal of Civil Engineering*, 19, 1179–1194. <https://doi.org/10.1007/s40999-021-00621-z>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s44150-023-00098-5>
- Tsolas, I. E. (2013). Modeling profitability and stock market performance of listed construction firms on the Athens Exchange: Two-stage DEA approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(1), 111–119. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000055](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000055)
- Ugulu, R. A., & Allen, S. (2018). Using the learning curve theory in the investigation of on-site craft gangs' blockwork construction productivity. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(3), 267–280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2017-0067>
- Ulhaq. (2023). *Kajian tantangan penerapan pengukuran produktivitas operasi konstruksi menggunakan five minutes rating dan work sampling bagi kontraktor pelaksana*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Wirabakti, D. M., Abdullah, R., & Maddeppungeng, A. (2017). Studi faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi bangunan gedung. *Konstruksia*, 6(1), 15–29. <https://doi.org/10.24853/jk.6.1.%25p>
- Yates, J. K. (2014). *Productivity improvement for construction and engineering: Implementing programs that save money and time*. ASCE Press. <https://doi.org/10.1061/9780784413463>
- Zaher, M., Greenwood, D., & Marzouk, M. (2018). Mobile augmented reality applications for construction projects. *Construction Innovation*, 18(2), 152–166. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2017-0013>

*This page is intentionally left blank.*