

Penjadwalan Proyek Konstruksi Perumahan Menggunakan Metode *Queuing System*

Adnan Fadjar ^{*1a}, Fahirah F. ^{*2}, Ajeng Listianti ^{*3}, Ni Made Ayu Juli Andjani ^{*4}, Fritswel Ratmady Payung ^{*5}

Submit:
26 Desember
2025

Review:
8 Januari 2026

Revised:
3 Februari 2026

Published:
2 Maret 2026

^{*1}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,
adnan.fadjar@untad.ac.id

^{*2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,
fahirah_fz@yahoo.com

^{*3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,
ajenglistianti1212@gmail.com

^{*4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,
ni.made.ayu.untad@gmail.com

^{*5}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia,
payungfritswel@gmail.com

^aCorresponding Author: adnan.fadjar@gmail.com

Abstrak

Pembangunan perumahan merupakan kegiatan konstruksi yang memiliki karakteristik repetitif karena model dan ukuran rumah yang dibangun umumnya serupa serta dikerjakan secara berulang dalam area terbatas. Metode penjadwalan konvensional *Critical Path Method* (CPM) sering digunakan dalam proyek konstruksi, namun CPM kurang efektif diterapkan pada proyek yang bersifat repetitif karena tidak memperhitungkan jumlah unit pekerjaan yang sedang menunggu penyelesaian (*antrean/queuing*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode *queuing system*/metode antrean dalam perencanaan dan pengendalian jadwal proyek konstruksi perumahan di Kota Palu, Indonesia. Metode penelitian bersifat kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan prediktif melalui observasi lapangan, wawancara, serta analisis dokumen. Data aktivitas pembangunan perumahan dianalisis menggunakan metode CPM dan dibandingkan dengan model *queuing system* menggunakan simulasi komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *queuing system*/metode antrean mampu menggambarkan aliran pekerjaan secara lebih realistis dibanding CPM, terutama dalam memperhitungkan waktu tunggu dan kapasitas produksi setiap tahap konstruksi. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan sumber daya dalam proyek pembangunan perumahan repetitif serta memberikan kontribusi pada pengembangan manajemen konstruksi berbasis sistem produksi.

Kata kunci: *critical path method*, konstruksi repetitif, manajemen proyek, manajemen produksi, sistem antrean

Abstract

Housing development project is a construction activity characterized by repetitive construction activities, as the models and sizes of the houses built are generally similar and constructed repeatedly within a limited area. The conventional scheduling method, the *Critical Path Method* (CPM), is frequently applied in construction projects, however, CPM is less effective for repetitive construction as in housing development project because it does not account for the number of work units waiting to be processed (*queuing*). This study aims to analyze the application of the *queuing*

system/queueing method in the planning and control of housing construction project schedules in Palu City, Indonesia. The research adopts a quantitative approach with descriptive and predictive analyses, utilizing field observations, interviews, and document analysis. Housing construction activity data are analyzed using the CPM and subsequently compared with a queueing system model through computer simulation. The results indicate that the queueing system method represents workflow more realistically than CPM, particularly in accounting for waiting times and production capacity at each construction stage. This approach is expected to enhance time and resource efficiency in repetitive housing construction projects and to contribute to the development of construction management based on production system principles.

Keywords: *critical path method, repetitive construction, project management, production management, queueing system*

PENDAHULUAN

Proyek pembangunan perumahan adalah salah satu proyek konstruksi yang bersifat repetitif dan memiliki kesamaan karakteristik dengan proses manufaktur [1]. Metode perencanaan proyek yang umum digunakan seperti *critical path method* (CPM) [2][3] kurang efektif dalam konteks ini karena tidak mempertimbangkan faktor jumlah unit pekerjaan yang sedang menunggu penyelesaian dalam sebuah sistem antrian/*queueing system* [4] sebagaimana yang ada dalam sebuah proses manufaktur.

A. Critical Path Method (CPM)

Dalam metode CPM, durasi dari setiap aktivitas (*activity duration*) adalah sebuah fungsi dari kuantitas pekerjaan (*work quantity*) dan laju produksi (*production rate*) [5] seperti ditunjukkan pada Persamaan 1 berikut.

$$activity\ duration = \frac{work\ quantity}{production\ rate} \quad (1)$$

Pada metode CPM, waktu penyelesaian sebuah proyek didapatkan dengan cara menjumlahkan durasi semua aktivitas kritisnya. Oleh karena itu, waktu penyelesaian sebuah proyek hanya berubah jika durasi aktivitas-aktivitas kritisnya berubah [6], [7].

Meskipun CPM umum digunakan sebagai metode perencanaan dan pengendalian dalam penjadwalan proyek konstruksi tetapi untuk tipe proyek tertentu, pada proyek konstruksi repetitif seperti perumahan misalnya, metode CPM kurang memadai untuk digunakan [8], [9], [10], karena CPM tidak memperhitungkan pengaruh antrian/*queue* dalam proyek konstruksi repetitif seperti proyek pembangunan perumahan.

B. Metode Queueing System

Dalam metode *queueing system*, waktu tunggu rata-rata dalam sistem (W) adalah fungsi jumlah rata-rata item yang ada dalam sistem (L) dan kecepatan tiba rata-rata item dalam sistem (λ) [4], [11], [12] seperti ditunjukkan pada Persamaan 2 berikut.

$$\lambda = \frac{L}{W} \quad (2)$$

[1] Terdapat hubungan yang dapat diprediksi antara λ , L, dan W dalam pembangunan perumahan dalam skala makro/industri. Meskipun demikian penelitian tersebut tidak meninjau pembangunan perumahan jumlah banyak dalam skala mikro/proyek.

METODOLOGI

A. Metode

Penelitian ini adalah penelitian terapan yang bersifat kuantitatif dengan menggabungkan desain penelitian deskriptif dan prediktif dengan menggunakan metode observasi, wawancara dan analisis dokumen.

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi pembangunan perumahan Tipe 36 yang ada di Kota Palu, Sulawesi Tengah pada tahun 2025.

Populasi dari penelitian ini adalah semua pekerjaan pembangunan perumahan yang sedang dikerjakan oleh pengembang di Kota Palu pada saat penelitian ini dilakukan. Pengambilan sampel pada penelitian dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*.

Teknik *purposive sampling* adalah teknik sampling tidak acak di mana peneliti menentukan data apa saja ingin diketahui dan menentukan entitas yang dapat menyediakan data tersebut [13]. Teknik *purposive sampling* memiliki beberapa varian di antaranya: *maximum variation/heterogeneous sampling*, *homogeneous sampling*, *extreme/deviant case sampling*, *critical case sampling*, *total population sampling*, *expert sampling*, dan *typical case sampling* [14].

Teknik *purposive sampling* dengan varian *typical case sampling* digunakan dalam penelitian ini dengan pertimbangan bahwa pada dasarnya aktivitas-aktivitas yang ada dalam pembangunan sebuah rumah adalah sama, sesuai dengan kelompok pekerjaan level 2 [15].

B. Analisis Data

Hasil observasi lapangan dan wawancara berupa; nama, durasi, dan logika ketergantungan semua aktivitas yang ada dalam proses konstruksi perumahan ditampilkan dalam Tabel 1. Informasi tersebut selanjutnya disintesis ke dalam sebuah model network dan dianalisis menggunakan metode CPM dan *queuing system*.

Tabel 1. Daftar Aktivitas Pembangunan Rumah Tipikal Tipe 36

Kode Aktivitas	Nama Aktivitas	Kode Aktivitas Pendahulu	Durasi (hari)	Tenaga kerja
A	Persiapan lahan	-	2	Tukang Batu
B	Bouwplank	A	2	Tukang Batu
C	Galian fondasi	B	2	Tukang Batu
D	Pipa air bersih/kotor	C	1	Tukang Batu
E	Fondasi	C	2	Tukang Batu
F	Fabrikasi besi beton	C	3	Tukang Batu
G	Sloof	E, F	2	Tukang Batu
H	Urukan fondasi	D, G	2	Tukang Batu
I	Dinding, kolom, rangka pintu & jendela	H	7	Tukang Batu
J	Ringbalk	I	2	Tukang Batu
K	Kuda-kuda bata	J	3	Tukang Batu
L	Atap baja ringan	K	2	Tukang Atap
M	Jalur Jaringan listrik	L	2	Tukang Batu
N	Plaster dinding	M	10	Tukang Batu
O	Lantai	N	4	Tukang Batu
P	Kamar mandi dan WC	O	2	Tukang Batu
Q	Septic tank	P	2	Tukang Batu
R	Carport	Q	2	Tukang Batu
S	Plafon	R	3	Tukang Atap
T	Pasang pintu & jendela	S	3	Tukang Pintu

U	Pengecatan	T	4	Tukang Cat
V	Pasang saklar dan lampu	U	2	Tukang Listrik
W	Tangki air	V	2	Tukang Plumbing
X	Pembersihan	-	2	Tukang Batu

C. Metode CPM

Perhitungan maju dihitung dengan menggunakan Persamaan 3 berikut.

$$EET_j = \text{Max.}(EET_i + \text{Durasi}_{ij}) \quad (3)$$

(untuk semua i, j)

Dimana:

EET_j : Saat paling awal selesainya aktivitas-aktivitas yang menuju ke event j

EET_i : Saat paling awal selesainya aktivitas-aktivitas yang menuju ke event i

Durasi_{ij} : Durasi dari aktivitas yang menghubungkan event i dan j.

Perhitungan mundur dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 berikut.

$$LET_i = \text{Min.}(LET_j - \text{Durasi}_{ij}) \quad (4)$$

(untuk semua i, j)

Dimana:

LET_i : Saat paling lambat selesainya aktivitas-aktivitas yang menuju ke event i

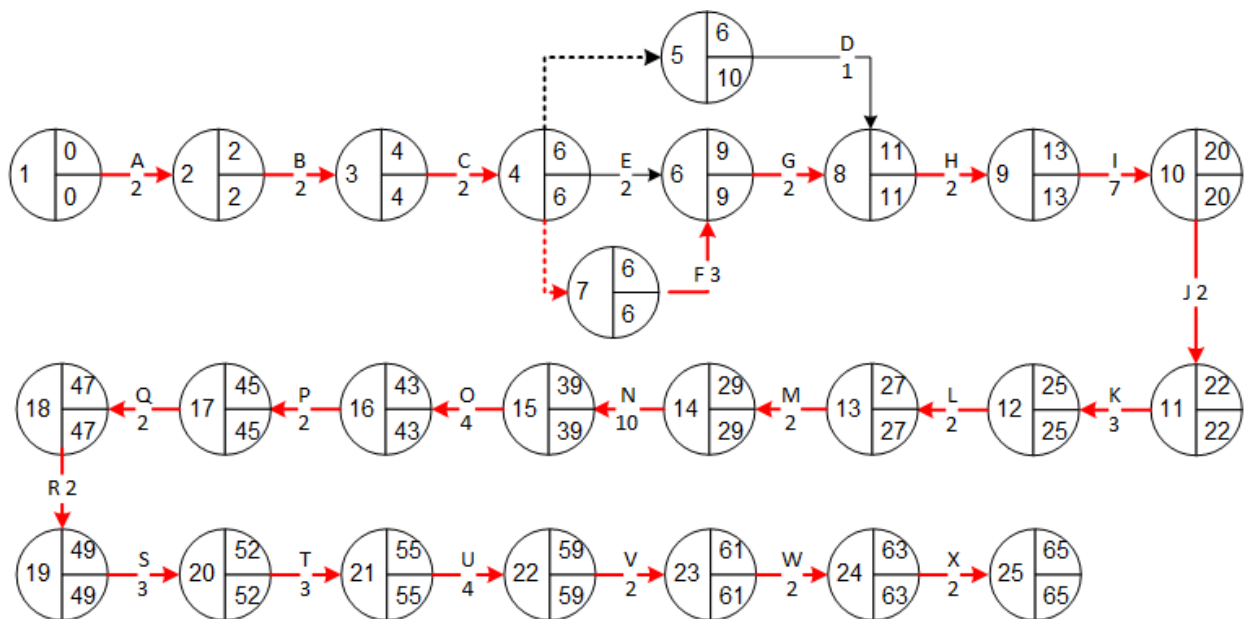
LET_j : Saat paling lambat selesainya aktivitas-aktivitas yang menuju ke event j

Durasi_{ij} : Durasi dari aktivitas yang menghubungkan event i dan j.

Total Float (TF) dihitung dengan menggunakan Persamaan 5 berikut.

$$TF_{ij} = LET_j - \text{Durasi}_{ij} - EET_i \quad (5)$$

Hasil penggambaran diagram dan analisis CPM dapat dilihat pada Gambar 1 di mana jalur kritisnya diberi warna merah.



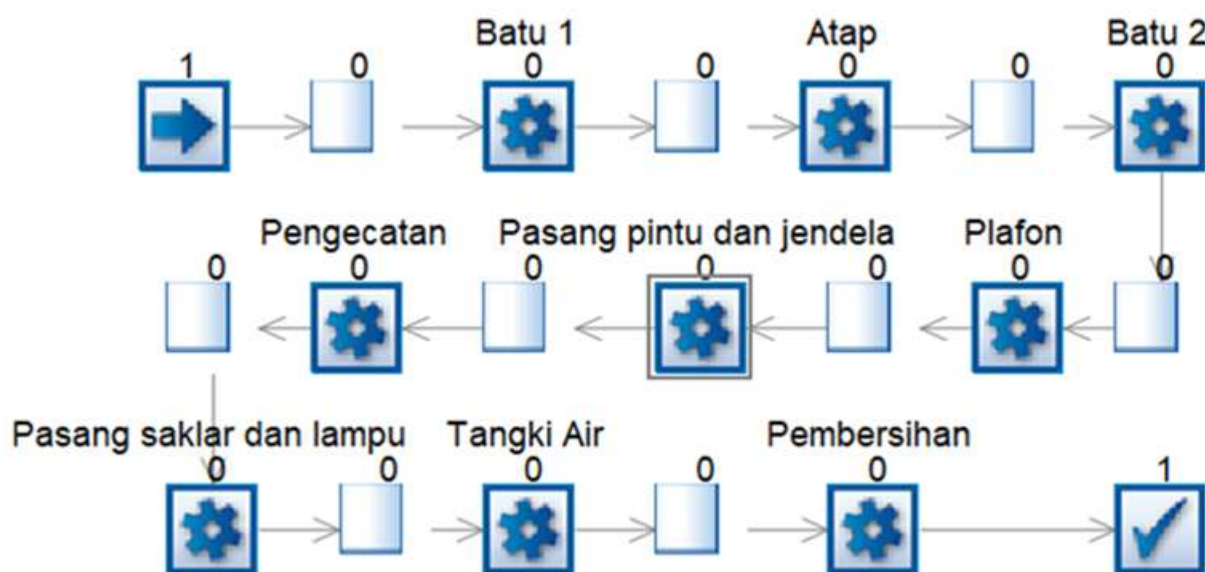
Gambar 1. Diagram dan Hasil Analisis Network CPM

Hasil analisis *network* CPM pada Gambar 1 menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membangun sebuah rumah MBR tipikal tipe 36 adalah 65 hari.

D. Analisis Queuing System

Analisis *queuing system* dilakukan dengan metode simulasi komputer menggunakan aplikasi SIMUL8. Dengan menggunakan aplikasi SIMUL8, *network* CPM pada Gambar 1 ditranformasikan ke dalam bentuk model *queuing system* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada aplikasi SIMUL8, aktivitas-aktivitas A hingga K yang menggunakan jenis sumber daya yang sama yaitu tukang batu, dikonsolidasikan ke dalam sebuah aktivitas yang disebut Batu 1. Aktivitas-aktivitas M hingga R, yang juga menggunakan tukang batu, dikonsolidasikan ke dalam sebuah aktivitas yang disebut Batu 2.



Gambar 2. Model *Queuing System* dalam Aplikasi SIMUL8

E. Simulasi Pembangunan Seratus Rumah

Pengembang perumahan di Kota Palu pada umumnya dapat membangun hingga seratus rumah dalam satu tahun. Untuk mensimulasikan pembangunan seratus rumah pada aplikasi SIMUL8, *inter-arrival time* harus ditentukan. Dalam konteks penelitian ini *inter-arrival time* adalah waktu antara dimulainya pekerjaan rumah baru.

Untuk menentukan waktu penyelesaian setiap rumah secara probabilistik pada aplikasi SIMUL8, ditetapkan *inter-arrival time* yang terdistribusi secara ekponensial dengan rerata 3 hari. Statistik deskriptif dari hasil simulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Simulasi Distribusi Ekponensial Terhadap *Inter-arrival time*

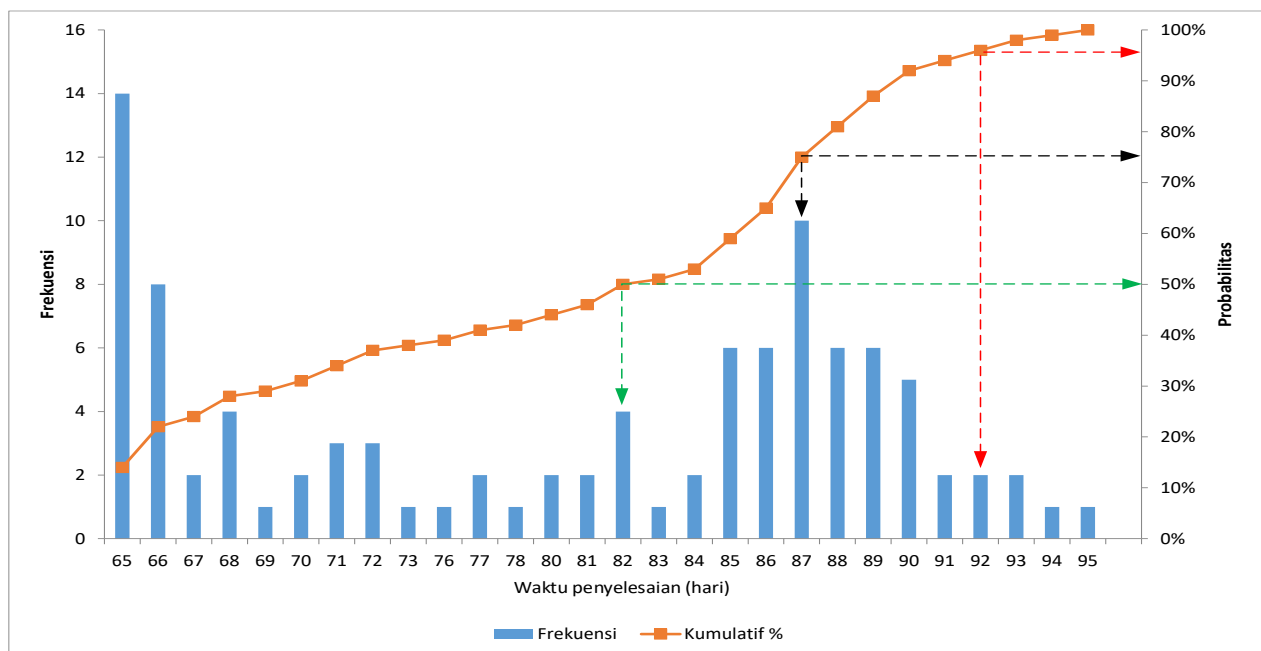
Parameter	Nilai
Rerata	79.13
Median	82.5
Modus	65

Deviasi Baku	10.04
Minimum	65
Maksimum	95
Jumlah Data	100

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi yang ada pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dinamika simulasi mengalami perubahan di mana waktu penyelesaian setiap unit rumah bervariasi dalam rentang 65 sampai dengan 95 hari, dengan rerata dan median masing-masing sebesar $79.13 \approx 80$ hari dan $82.5 \approx 83$ hari dan modus sebesar 65 hari.

Distribusi dan probabilitas kumulatif waktu penyelesaian setiap unit rumah berdasarkan hasil simulasi aplikasi SIMUL8 menggunakan distribusi eksponensial terhadap *inter-arrival time* dapat dilihat pada grafik yang ada pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi dan Probabilitas Kumulatif Waktu Penyelesaian Perumahan

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa jika diinginkan waktu penyelesaian maksimal 82 hari untuk setiap unit rumah, probabilitasnya adalah 50%. Jika estimasi waktu penyelesaian setiap unit rumah adalah maksimal 87 hari, probabilitasnya adalah 75%. Jika diinginkan probabilitas sebesar 96% maka waktu penyelesaian maksimal setiap unit rumah diestimasi sebesar 92 hari.

Informasi mengenai probabilitas waktu penyelesaian tersebut akan membantu developer perumahan dalam memberikan estimasi penyelesaian pembangunan setiap unit rumah kepada pembeli. Jika ingin bersikap

Jika ingin bersikap konservatif, maka developer dapat menggunakan waktu penyelesaian sebesar 92 hari. Jika developer ingin bersikap moderat, maka developer dapat menggunakan waktu penyelesaian sebesar 87 hari.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *queuing system* dapat menjelaskan dengan tepat pengaruh faktor antrean/*queuing* terhadap waktu penyelesaian proyek konstruksi repetitif seperti proyek pembangunan perumahan. Oleh karena itu, penjadwalan konstruksi repetitif seperti pembangunan perumahan selain menggunakan metode penjadwalan yang umum digunakan pada proyek konstruksi seperti CPM, juga sebaiknya menggunakan metode *queuing system* untuk membantu pengembang/*developer* untuk lebih realistis dalam menganalisis waktu penyelesaian proyek perumahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Panitia Penyelenggara Seminar Nasional Keteknikan 2 (Sematek 2) Fakultas Teknik Universitas Tadulako atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga artikel ini dapat dipresentasikan dan dipublikasikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] H. Bashford, A. Sawhney, K. D. Walsh, and K. Kot, "Implications of Even Flow Production Methodology for U.S. Housing Industry," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 129, no. 3, pp. 330–337, 2003.
- [2] S. A. Mubarak, *Construction Project Scheduling and Control*, 2nd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [3] J. R. Turner, *The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations*, 3rd ed. New York: McGraw Hill, 2009.
- [4] J. D. C. Little, "OR FORUM—Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary," *Operations Research*, vol. 59, no. 3, pp. 536–549, Jun. 2011, doi: 10.1287/opre.1110.0940.
- [5] H. Bashford, A. Sawhney, K. Walsh, and J. Thompson, "Residential Construction and the Influence of Inspections on Cycle Time," *ASCE*, 2005, pp. 15–15.
- [6] A. Fadjat, A. A. Ali, and A. Setiawan, "Resource Utilization and Repetitive Construction Scheduling using the Discrete Event Simulation Method," *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 15, no. 2, pp. 20702–20708, Apr. 2025, doi: 10.48084/etasr.9795.
- [7] H. Kerzner, *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*, 10th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2003.
- [8] R. Harris and P. Ioannou, "Scheduling Projects with Repeating Activities," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 124, no. 4, pp. 269–278, 1998, doi: doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:4(269).
- [9] L. Koskela, "Application of the New Production Philosophy to Construction," CIFE, Stanford University, Stanford, CA, 72, 1992.
- [10] R. Yamín and D. Harmelink, "Comparison of Linear Scheduling Model (LSM) and Critical Path Method (CPM)," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, no. 5, pp. 374–381, 2001, doi: doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2001)127:5(374).
- [11] W. J. Hopp and M. L. Spearman, *Factory physics*, 3rd ed. Long Grove, Ill: Waveland Press, 2011.
- [12] A. Potter, D. R. Towill, and J. Gosling, "On the versatility of Little's Law in operations management: a review and classification using vignettes," *Production Planning & Control*, vol. 31, no. 6, pp. 437–452, Apr. 2020, doi: 10.1080/09537287.2019.1647363.
- [13] C. R. Kothari, *Research methodology: methods & techniques*. New Delhi: New Age International (P) Ltd., 2004. Accessed: Oct. 26, 2021. [Online]. Available: <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=431524>
- [14] I. Etikan, "Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling," *AJTAS*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2016, doi: 10.11648/j.ajtas.20160501.11.

- [15] Permen PUPR No. 28, “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.” Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2016.