

JMTS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 6 No. 4 November 2023



e-ISSN : 2622-545X

Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Vol. 6 No. 4, November 2023

Daftar Isi

KINERJA OJEK ONLINE DAN KONVENSIONAL DI KOTA KENDARI <i>Try Sugiyarto Soeparyanto, Waode Royani, La Ode Muhammad Nurrahmad, dan Statiswaty</i>	819-830
ANALISIS PENGGUNAAN SERAT IJUK TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON NORMAL <i>Hansen Chandra Koesoema dan Widodo Kushartomo</i>	831-836
ANALISIS PENGGUNAAN SERAT RAMI TERHADAP SIFAT MEKANIS <i>SELF COMPACTING CONCRETE</i> (SCC) <i>Hizkia Hernandez dan Widodo Kushartomo</i>	837-842
ANALISIS PENGARUH PEMBANGUNAN JALAN TOL SOROJA TERHADAP PERKEMBANGAN PARIWISATA <i>Ericson Chandra Jap dan Basuki Anondho</i>	843-850
PEMANFAATAN PROGRAM SOLVER UNTUK MENENTUKAN BIAYA MINIMUM PENGGUNAAN DUMP TRUCK PADA PROYEK X <i>Agustinus Eppendie dan Onnyxiforus Gondokusumo</i>	851-862
ANALISIS WASTE MATERIAL DAN FAKTOR PENYEBAB PADA PROYEK APARTEMEN X <i>Ramadhan Rizki Faruki dan Henny Wiyanto</i>	863-872
ANALISIS PENGENDALIAN PROYEK DENGAN METODE CRASHING PADA PROYEK PT X DI JAKARTA <i>Gerald Dennis Joseph dan Oei Fuk Jin</i>	873-884
ANALISIS RISIKO KERJA PROYEK PEMBANGUNAN IT MANDIRI BUMI SLIPI <i>Bagus Tri Wizaksono dan Mega Waty</i>	885-898
PANJANG PENGANGKURAN DAN JARAK TEPI PADA KUAT TARIK ANGKUR ADHESIF <i>Patrick, Daniel Christiano, dan Yenny Untari Liucius</i>	899-906
IDENTIFIKASI TANTANGAN DALAM PENERAPAN GREEN BUILDING DI JAKARTA <i>Johannes Christophorus Xavieri Linggo dan Arianti Sutandi</i>	907-912
PENDAPAT PENGGUNA JALAN TOL JABODETABEK TENTANG MULTI LANE <i>FREE FLOW</i> <i>Victoria Sunartio dan Leksmono Suryo Putranto</i>	913-924
PERSEPSI MASYARAKAT KOTA BOGOR TERHADAP SISTEM PEMBELIAN LAYANAN <i>Jen Sen Chiu Santo dan Leksmono Suryo Putranto</i>	925-938

ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PERUMAHAN Z DI JAKARTA TIMUR <i>Adhitya Dwi Prakoso dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	939-952
ANALISIS PELAYANAN TERHADAP MRT JAKARTA FASE 1 SEBAGAI ACUAN PADA PEMBANGUNAN FASE 2A <i>Nicko Susanto dan Najid</i>	953-962
DAMPAK PARKIR LIAR DI PERUMAHAN TERHADAP MASYARAKAT SETEMPAT <i>GARDEN CITY RESIDENCE</i> <i>Alberto Pandapotan Habeahan dan Leksmono Suryo Putranto</i>	963-972
DAMPAK LAMA PENGISIAN BATERAI PADA MOBIL LISTRIK TERHADAP MINAT CALON PEMBELI <i>Brata Pratama Putra Ridwan dan Leksmono Suryo Putranto</i>	973-982
ANALISIS DAN PERSEPSI PENGGUNA PARKIR STASIUN <i>COMMUTER LINE</i> DARU DI KABUPATEN TANGERANG <i>Nur Muhammad Habib, Daniel Christianto, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	983-994
PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP PEMBAYARAN DIGITAL PADA TRANSPORTASI UMUM <i>Haddid Al Jabar dan Leksmono Suryo Putranto</i>	995-1004
DAMPAK PANDEMI COVID-19 TERHADAP PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI PADA SAAT SEBELUM PPKM, PPKM, DAN SETELAH PPKM <i>Thomas Edward dan Najid</i>	1005-1014
SURVEY KESELAMATAN DI PERLINTASAN SEBIDANG JPL NO 6A KM 3 + 219 JALAN KARYA RAYA <i>Kefrin Lievaldi, Dewi Linggasari, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	1015-1024
STUDI KESELAMATAN DI PERLINTASAN SEBIDANG JPL NO. 5A KM 2 + 285 JALAN HADIAH <i>Rivelieno Rai Marsa, Dewi Linggasari, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	1025-1034
PANDANGAN MASYARAKAT TERHADAP KESELAMATAN BUS SWASTA SEBAGAI MODA TRANSPORTASI SEWA <i>Dwi Ayu Komalasari dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1035-1048
HUBUNGAN TARIF <i>ELECTRONIC ROAD PRICING</i> DENGAN KINERJA JALAN <i>Kenneth Putra Pangestu dan Najid</i>	1049-1058
PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP KENAIKAN TARIF PARKIR DAN JALAN BERBAYAR ELEKTRONIK DI JAKARTA <i>Randhito Satrio Harminto dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1059-1070

ANALISIS EFEKTIVITAS PENYEWAAN MOBIL TERHADAP PERUSAHAAN <i>STARTUP</i> <i>Fransiskus Dion Indrajaya dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1071-1080
ANALISIS KINERJA RUAS JALAN JARIT-PUGER JEMBER PROVINSI JAWA TIMUR <i>Irvina Fatimah dan Najid</i>	1081-1088
ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN X DI JAKARTA <i>Timothy Wicaksono Palembang dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1089-1100
ANALISIS FAKTOR KESELAMATAN DAN REKOMENDASI PENANGANAN PADA PINTU PERLINTASAN SEBIDANG JPL 30 <i>Steven Marcelino, Daniel Christianto, dan Hokbyan Angkat</i>	1101-1116
ANALISIS PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK KEBUTUHAN PERTAMANAN DAN SANITASI DI GEREJA KALVARI JAKARTA <i>Iwan Dharmawan dan Wati Ariningsih Pranoto</i>	1117-1130
ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PERUMAHAN Y DI CIPINANG MUARA - JAKARTA TIMUR <i>Matthew Firmata Brevando Saragih dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1131-1144
POTENSI PENGGUNAAN IPAL DAN SPAH UNTUK MENGHEMAT PENGGUNAAN AIR PDAM PADA MAL <i>Diana Christina Harijanto, Vittorio Kurniawan, dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1145-1056
ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PADA TANAH EKSPANSIF DI KARAWANG JAWA BARAT <i>Jason Lai Wijaya, Hendy Wijaya, dan Amelia Yuwono</i>	1057-1066
ANALISIS PERBANDINGAN <i>POTENSI CYCLIC MOBILITY</i> PADA TANAH LEMPUNG DI BEBERAPA TEMPAT DI INDONESIA <i>Chrisandy dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1067-1076
ANALISIS EFISIENSI <i>SETTLEMENT</i> TIANG GESEK FONDASI <i>BORED PILE</i> PADA PROYEK DI PROVINSI ACEH <i>Ratu Balqis Putri Tarfin dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1077-1084
STUDI KASUS KEAMANAN LERENG AKIBAT GALIAN DI PROYEK X CIAWI-BOGOR <i>Ricky Putra dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1085-1094
PENGGUNAAN <i>GEOCELL</i> UNTUK STABILISASI DAN PERLINDUNGAN EROSI PADA LERENG <i>Hendy Wijaya, Gregorius Sandjaja Sentosa, Tascia Adde Marcellia, Aniek Prihatiningsih, dan Ricky Putra</i>	1095-1102

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN *STONE MASTIC ASPHALT*
DENGAN PENGGUNAAN *FIBER MESH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH
Rani Bastari Alkam dan Bulgis

1103-1116

ANALISIS PENGENDALIAN PROYEK DENGAN METODE *CRASHING* PADA PROYEK PT X DI JAKARTA

Gerald Dennis Joseph Retor¹ dan Fuk Jin Oei²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
gerald.325190047@untar.stu.ac.id

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
fukjin@ft.untar.ac.id

Masuk: 14-07-2023, revisi: 25-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 29-07-2023

ABSTRACT

Project development often encounters obstacles that cause delays in project activities that have previously been planned in the scheduling process. The purpose of this study is to determine the duration of project completion time on the PT X Project in Jakarta using the crashing method of adding overtime hours and labor at an optimal cost, and to compare which method has the shortest duration of completion time at an optimal cost. From the calculation of the acceleration of project time and cost, it can be compared to the acceleration of adding 4 hours of work (overtime) with a reduction in duration of 40 days where the project completion time of the project which was originally 515.5 days became 475.5 days and the total cost of normal work which amounted to Rp 9,560,710,930 became Rp 9,857,229.805 or an increase of 3.101% from the total cost of the normal project, while with the addition of labor with a reduction in duration of 50 days where the project completion time of the project becomes 465.5 days and the total cost of normal work which amounts to Rp 9,560,710,930 to Rp 9,651,997,862 or an increase of 0.954% from the total cost of the normal project. Based on the results of the sensitivity analysis of crashing with the addition of working hours and overtime, it is found that crashing with the addition of labor is better in terms of time and cost.

Keywords: construction; delay; crashing

ABSTRAK

Pembangunan proyek sering dijumpai kendala yang menyebabkan terjadinya keterlambatan aktivitas proyek yang sebelumnya telah direncanakan dalam proses penjadwalan (scheduling). Tujuan penelitian ini ialah untuk menentukan durasi waktu penyelesaian proyek pada Proyek PT X di Jakarta menggunakan metode crashing penambahan jam lembur dan tenaga kerja dengan biaya yang optimal, dan untuk membandingkan metode mana yang memiliki durasi waktu penyelesaian terpendek dengan biaya yang optimal. Dari perhitungan percepatan waktu dan biaya proyek dapat dibandingkan percepatan penambahan 4 jam kerja (lembur) dengan pengurangan durasi 40 hari dimana waktu penyelesaian proyek proyek yang awalnya 515,5 hari menjadi 475,5 hari dan total biaya pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp 9.560.710.930 menjadi Rp 9.857.229.805 atau naik 3,101% dari total biaya proyek normal, sedangkan dengan penambahan tenaga kerja dengan pengurangan durasi 50 hari dimana waktu penyelesaian proyek proyek menjadi 465,5 hari dan total biaya pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp 9.560.710.930 menjadi Rp 9.651.997.862 atau naik 0.954% dari total biaya proyek normal. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas dari crashing dengan penambahan jam kerja dan lembur didapat bahwa crashing dengan penambahan tenaga kerja lebih baik dalam segi waktu dan biaya.

Kata Kunci: konstruksi; keterlambatan; *crashing*

1. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi Indonesia memberikan kontribusi yang besar terhadap perkembangan pertumbuhan negara. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pangsa sektor konstruksi terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia sekitar 9,4 persen pada 2022. Sektor ini juga menyediakan lapangan kerja bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa sektor ini akan terus tumbuh dari waktu ke waktu karena faktor-faktor seperti meningkatnya investasi publik dan swasta di bidang infrastruktur, urbanisasi, dan meningkatnya permintaan akan perumahan dan real estat komersial.

Masalah yang sering terjadi pada proyek konstruksi *on-site* adalah keterlambatan yang disebabkan oleh *over schedule*. Keterlambatan proyek konstruksi berarti perpanjangan waktu penyelesaian proyek, yang direncanakan dan diumumkan dalam dokumen kontrak. Oleh karena itu, manajemen proyek memiliki pengaruh besar pada hasil pekerjaan proyek dan perlu untuk monitoring berlangsungnya proyek. Tujuan utama dari kegiatan monitoring ini

adalah untuk meminimalisir penyimpangan yang mungkin terjadi selama tahap implementasi. Sebuah proses pengendalian umumnya diperlukan untuk menjaga konsistensi desain dan implementasi sebagai acuan standar yang mencakup jadwal, anggaran, dan spesifikasi teknis. Salah satu cara mengelola proyek adalah dengan mempercepat pekerjaan, atau yang dikenal dengan istilah percepatan proyek. Akselerasi proyek adalah teknik yang digunakan dalam manajemen proyek untuk mempersingkat jadwal proyek tanpa mempengaruhi ruang lingkup pekerjaan. Akselerasi proyek yang dijelaskan dalam PMBOK (2021) memiliki beberapa teknik di antaranya *crash*, teknik akselerasi yang menambahkan sumber daya pada aktivitas di jalur kritis untuk mengurangi durasi aktivitas. Sumber daya tambahan dapat digunakan dalam bentuk tambahan tenaga kerja.

Biaya proyek

Biaya proyek yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung memiliki hubungan terhadap waktu dan cenderung bertolak belakang. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat akan mengakibatkan peningkatan biaya langsung tetapi pada biaya tidak langsung terjadi penurunan Sudarsana, (2008) dalam Nurdiana (2015). Menurut Ervianto (2002) dalam Giarti et al. (2022) menyatakan bahwa biaya untuk proyek konstruksi terbagi menjadi dua (2) yaitu: biaya langsung dan tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Sedangkan biaya tidak adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek,

Metode *rashing*

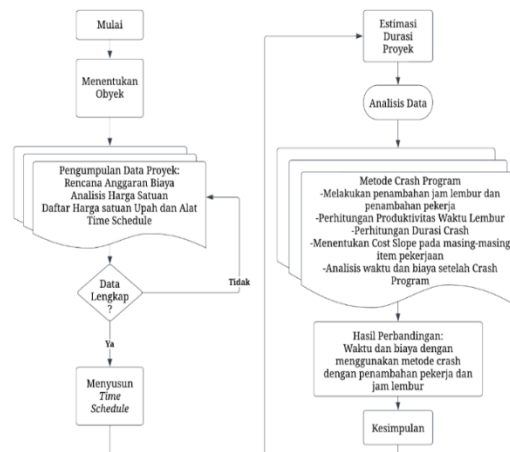
Metode *crashing* adalah suatu metode untuk mempercepat durasi proyek dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Dimana *Crashing* adalah suatu metode yang digunakan untuk mempersingkat durasi jadwal dengan biaya tambahan paling sedikit dengan menambahkan sumber daya PMBOK (2021)

Lintasan kritis

Menurut Render dan Jay (2006) dalam Saputra et al. (2021), jalur kritis adalah serangkaian kegiatan proyek yang tidak dapat ditunda selama implementasi dan memiliki hubungan yang saling berhubungan. Semakin banyak jalur kritis dalam proyek, semakin banyak aktivitas yang perlu dilacak. Akumulasi durasi jalur kritis terpanjang digunakan sebagai estimasi total waktu penyelesaian proyek. Jalur kritis ditentukan oleh diagram jaringan yang menunjukkan hubungan dan urutan kegiatan proyek.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber seperti, wawancara yang diperoleh secara langsung, *project schedule*, RAB, kurva S, analisa harga satuan pekerjaan, dan dokumen lainnya dari sumber yang relevan. Setelah terkumpulnya data-data pertama diolah terlebih dahulu *master schedule* dari kurva S dengan wawancara pihak kontraktor untuk membuat *time schedule* aktivitas yang lebih rinci. Dengan bantuan *Microsoft Project*, lintasan kritis dapat diperoleh. Kemudian pekerjaan yang ada di lintasan kritis tersebut dilakukan analisis *crashing* dengan dua alternatif, yaitu melalui penambahan jam lembur selama 4 jam dan penambahan pekerja dengan asumsi sebanyak 50%. *Cost slope* dapat diperoleh setelah durasi *crash* dan biaya *crash* dihitung. Dari tahapan metode penelitian diatas, dapat dibuat diagram alir peneltitan seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data proyek

Data Umum Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah sebagai berikut:

- Nama Proyek : Rumah Tinggal Taman Jeruk Purut (Ibu Meilea)
- Lokasi proyek : Taman Jeruk Purut No. 25-B, Jakarta Selatan.
- Total anggaran : Rp 9.560.710.930
- Tipe bangunan : Rumah tinggal 2 Lantai
- Durasi proyek : 515,5 hari
- Luas lahan : 2780 m²
- Luas bangunan : 4550 m²
- Data lain : RAB, *Master Schedule* dengan Kurva-S

Penentuan lintasan kritis

Hal pertama yang dilakukan adalah penyusunan jadwal Kembali agar ditemukan *time schedule* aktivitas, setelah dilakukan penyusunan Kembali jadwal dari pekerjaan yang ada, diperoleh jalur kritis seperti yang diperlihatkan pada Gambar-1 dan detail durasi serta volume pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Durasi dan Volume Pekerjaan di Jalur Kritis

No	Pekerjaan	Durasi Normal (hari)	Volume
I	Pekerjaan Galian Tanah		
1	Galian Tanah	3	190,29 m ³
2	Urugan Pasir	3	95,93 m ³
3	Lantai Kerja	6	43,39 m ³
II	Pekerjaan Pondasi		
1	Pondasi Borepile, diameter 30cm P= 1500cm, di bawah Pilecap	32	14,28
2	Pilecap Type P2/PC2. 85x160cm t= 50cm (21bh)	12	51,45 m ³
2.1	Bekisting	4	175,75 m ²
2.2	Pembesian	4	14,28 kg
2.3	Pengecoran	4	14,28 m ³
3	Plat Beton t= 15cm tulangan DOUBLE Wiremesh M8	25	94,55 m ³
3.1	Bekisting	8	630,33 m ²
3.2	Pembesian	12	1,000,00 kg
3.3	Pengecoran	5	94,55 m ³
III	Pekerjaan struktur		
A	Lantai Dasar		
1	Kolom Beton K4 25x50 cm T= 400cm	15	5,85 m ³
1.1	Bekisting	4	72,00 m ²
1.2	Pembesian	8	18,00 kg
1.3	Pengecoran	3	5,85 m ³
2	Kolom Beton K5 T 12x35 + 15x50 cm T =400cm	6	4,20 m ³
2.1	Bekisting	2	72,80 m ²
2.2	Pembesian	2	12,92 kg
2.3	Pengecoran	2	4,20 m ³
3	Balok Beton B6/BAT 6 30x40cm (level ± 2800 dan3200)	25	2,45 m ³
3.1	Bekisting	7	16,33 m ²
3.2	Pembesian	10	7,54 kg
3.3	Pengecoran	8	2,45 m ³
4	Plat Beton t=15cm (SAT) (level ± 2800)	20	46,23 m ³
4.1	Bekisting	4	308,2 m ²
4.2	Pembesian	8	142,25 kg
4.3	Pengecoran	8	46,23 m ³

Tabel 1 (Lanjutan). Rekapitulasi durasi dan volume pekerjaan di jalur kritis

No	Pekerjaan	Durasi Normal(hari)	Volume	
5	Plat Beton t=15cm (S 2) (level ± 3800 dan 4000)	10	22	m ³
5.1	Bekisting	3	149,1	m ²
5.2	Pembesian	4	68,82	kg
5.3	Pengecoran	3	22,37	m ³
6	Plat Beton Lisplank t=10cm	6	6,24	m ³
6.1	Bekisting	2	41,6	m ²
6.2	Pembesian	2	19,20	kg
6.3	Pengecoran	2	6,24	m ³
B	Lantai 1			
1	Kolom Beton K4 25x50 cm T= 400cm	9	2,69	m ³
1.1	Bekisting	3	36,00	m ²
1.2	Pembesian	3	8,28	kg
1.3	Pengecoran	3	2,69	m ³
2	Kolom Beton K5 T 15x35 + 15X50 cm T= 400cm	6	1,50	m ³
2.1	Bekisting	2	26,00	m ²
2.2	Pembesian	2	4,62	kg
2.3	Pengecoran	2	1,50	m ³
3	Balok Beton B1 15x20 cm (level = 8000)	6	0,15	m ³
3.1	Bekisting	2	2,00	m ²
3.2	Pembesian	2	0,46	kg
3.3	Pengecoran	2	0,15	m ³
4	Balok Beton B2 15x20 cm (level = 8000)	6	0,27	m ³
4.1	Bekisting	2	3,60	m ²
4.2	Pembesian	2	0,83	kg
4.3	Pengecoran	2	0,27	m ³
5	Balok Beton B3 15x20 cm (level = 8000)	12	6,29	m ³
5.1	Bekisting	4	83,87	m ²
5.2	Pembesian	4	19,35	kg
5.3	Pengecoran	4	6,29	m ³
6	Balok Beton B4 15x20 cm (level = 8000)	6	1,67	m ³
6.1	Bekisting	2	18,56	m ²
6.2	Pembesian	2	5,14	kg
6.3	Pengecoran	2	1,67	m ³
7	Balok Beton B5 15x20 cm (level = 8000)	6	1,70	m ³
7.1	Bekisting	2	18,89	m ²
7.2	Pembesian	2	5,23	kg
7.3	Pengecoran	2	1,70	m ³
8	Balok Beton B6/BAT 6. 30x40 cm (level = 8000)	15	7,32	m ³
8.1	Bekisting	4	48,8	m ²
8.2	Pembesian	7	22,52	kg
8.3	Pengecoran	4	7,32	m ³
9	Plat Beton t=15 cm (level ± 8000)	11	29,38	m ³
9.1	Bekisting	4	195,87	m ²
9.2	Pembesian	4	90,40	kg
9.3	Pengecoran	3	29,38	m ³
10	Balok Beton Tidur BA7 20x15 cm level ± 8600 As L-E/1-8	6	3,22	m ³
10.1	Bekisting	2	32,2	m ²
10.2	Pembesian	2	9,91	kg
10.3	Pengecoran	2	3,22	m ³
11	Plat Beton t=15 cm (level ± 8600)	11	25,76	m ³
11.1	Bekisting	4	171,73	m ²
11.2	Pembesian	4	79,26	kg
11.3	Pengecoran	3	25,76	m ³

Tabel 1 (Lanjutan). Rekapitulasi durasi dan volume pekerjaan di jalur kritis

No	Pekerjaan	Durasi Normal(hari)	Volume
12	Plat Beton Lisplank t=10cm	6	2,75 m ³
12.1	Bekisting	2	18,3333 m ²
12.2	Pembesian	2	8,46 kg
12.3	Pengecoran	2	2,75 m ³

Biaya normal

Crashing diawali dengan menentukan biaya normal dari suatu pekerjaan yang akan di lakukan crashing, biaya normal dapat dilihat dari analisis harga satuan pekerjaan tersebut. Berikut contoh analisis harga satuan pekerjaan bekisting kolom K4 25x50 cm T= 400cm (lantai dasar)

Tabel 2. Analisis harga satuan pekerjaan bekisting kolom K4 25x50 cm T= 400cm

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0,66	100.000	66.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	125.000	41.250
	Kepala Tukang	OH	0,033	150.000	4.950
	Mandor	OH	0,033	175.000	5.775
	Jumlah Harga Tenaga Kerja		117.975		
B	Bahan				
	Papan Kayu kelas III	m3	0.04	7.300	292
	Paku 5 cm – 12 cm	Kg	0.4	18.000	7.200
	Minyak bekisting	Liter	0.2	20.000	4.000
	Balok kayu kelas II	M3	0.015	16.000	240
	<i>Plywood</i> tebal 9 mm	Lbr	0.35	21.000	7.350
	Dolken Kayu 8/10cm Panjang 4m	Batang	2	22.000	44.000
	Jumlah Harga Bahan		63.082		
C	Peralatan				
	-	-	-	-	-
	Jumlah Harga Alat		0		
	Jumlah Total (A+B+C)		181.057		

Kemudian total upah biaya normal dari pekerjaan bekisting kolom K4 25x50 cm T= 400cm (lantai dasar) dapat diperoleh dan diperlihatkan perhitungan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Perhitungan biaya normal upah dan bahan pekerjaan bekisting kolom K4 25x50cm T= 400 cm

NO	Pekerjaan	Biaya (Rp) (Tabel 2)	Volume m2 (Tabel 1)	Total Biaya (Rp) (AxB)
1	Biaya Upah Normal	63.082	72	8.494.200
2	Biaya Bahan Normal	117.975	72	4.541.904
	Total			13.036.104

Analisis kebutuhan tenaga kerja normal

Kebutuhan tenaga kerja untuk pekerjaan bekisting kolom K4 25x50cm T= 400cm dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja

No	Pekerja	Volume (m2) (A) (Tabel 1)	Koef (B) (Tabel 2)	Jumlah kebutuhan (AxB)
1	Pekerja	72	0,66	48
2	Tukang	72	0,033	24
3	Kepala tukang	72	0,033	3

Tabel 5 (Lanjutan). Perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja

No	Pekerja	Volume (m2) (A) (Tabel 1)	Koef (B) (Tabel 2)	Jumlah kebutuhan (AxB)
4	Mandor	72	0,033	3

Analisis penambahan 50% tenaga kerja

Analisis penambahan tenaga kerja dilakukan pertama dengan menentukan banyak pekerja yang akan digunakan, jumlah penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Perhitungan penambahan tenaga kerja

Tenaga Kerja	Jumlah Pekerja (Tabel 4)	Jumlah Pekerja + 50%
Pekerja	48	72
Tukang Kayu	24	36
Kepala Tukang	3	5
Mandor	3	5
TOTAL	78	118

Analisis produktivitas normal dan *crashing* dengan lembur

Produktivitas tenaga kerja per hari pada pekerjaan bekisting kolom Kolom K4 25x50cm T=400cm (lantai dasar).

Tabel 7. Perhitungan Produktivitas Normal Pekerja

No	Pekerja	Volume M2 (A) (Tabel 5)	Jumlah Pekerja (B) (Tabel 4)	Durasi (hari) (C) (Tabel 4-5 No.5)	Produktivitas normal m2/hari $\left(\frac{A}{B \times C}\right)$
1	Pekerja	72	48	4	0,3750
2	Tukang	72	24	4	0,7500
3	Kepala tukang	72	3	4	6,0000
4	Mandor	72	3	4	6,0000

Tabel 8. Perhitungan Produktivitas Lembur

Jenis Pekerja	Produktivitas /hari (m2/hari) (Tabel 6)	Produktivitas /jam (m2/jam)	Produktivitas lembur				Produktivitas lembur 4 jam (m2/jam)
			1jam	2jam	3jam	4jam	
Pekerja	0,3750	0,0469	0,0426	0,0391	0,0361	0,0335	0,5262
Tukang	0,7500	0,0938	0,0852	0,0781	0,0721	0,0670	1,0524
Kepala Tukang	6,0000	0,7500	0,6818	0,6250	0,5769	0,5357	8,4195
Mandor	6,0000	0,7500	0,6818	0,6250	0,5769	0,5357	8,4195

Contoh perhitungan produktivitas lembur 4 jam pada pekerja

$$\text{Produktivitas 4 jam lembur} = 0.375 + \text{Produktivitas lembur jam } (1+2+3+4) = 0,526215972 \text{ m3/hari/orang}$$

Analisis produktivitas normal dan *crashing* dengan penambahan pekerja

Perhitungan Produktivitas

$$\text{Produktivitas Normal} = \frac{\text{Total Pekerja}}{\text{Durasi}} = \frac{72}{4} = 18 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas sesudah crash} &= \text{Produktivitas normal} \times \left(\frac{\text{total pekerja normal} + \text{total penambahan 50\%}}{\text{total pekerja normal}} \right) \\ &= 18 \text{ m}^2/\text{hari} \times (118/78) = 27,2307 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Penentuan durasi *crash* dengan lembur 4 jam

Contoh perhitungan durasi *crash* dengan lembur 4 jam pada pekerjaan bekisting Kolom K4

$$\text{Pekerja} = \frac{72}{0,5262 \times 48} = 2,85$$

$$\text{Tukang kayu} = \frac{72}{1,0524 \times 24} = 2,85$$

$$\text{Kepala tukang} = \frac{72}{8,4194 \times 3} = 2,85$$

$$\text{Mandor} = \frac{72}{8,4194 \times 3} = 2,85$$

Maka dibulatkan menjadi 3 hari

Penentuan durasi *crash* dengan penambahan pekerja 50%

Perhitungan Durasi Crash

$$\text{Durasi Crash} = \frac{72}{27,2307} = 3 \text{ Hari}$$

Penentuan biaya upah lembur

Berdasarkan ketentuan yang tertulis dalam keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang upah jam kerja lembur. Rumus tersebut ialah sebagai berikut :

Penambahan upah jam lembur ke 1 = $1,5 \times 1/173 \times \text{upah normal/jam}$

Penambahan upah jam lembur ke 2 dan seterusnya = $2 \times 1/173 \times \text{upah normal/jam}$

Total upah tenaga kerja = $1,5 \times 1/173 \times \text{upah normal/jam} + \Sigma 2 \times 1/173 \times \text{upah normal/jam}$

Perhitungan biaya upah lembur dapat dilihat pada tabel di bawah in:

Tabel 9. Perhitungan biaya upah lembur

Jenis Pekerja	Upah normal/hari (Rp)	Upah lembur (Rp)				Total upah dengan lembur 4jam/hari (Rp)
		Jam ke 1	Jam ke 2	Jam ke 3	Jam ke 4	
Pekerja	100.000	23.410	31.214	31.214	31.214	217.052
Tukang Kayu	125.000	29.263	39.017	39.017	39.017	271.315
Kepala Tukang	150.000	35.116	46.821	46.821	46.821	325.578
Mandor	175.000	40.968	54.624	54.624	54.624	379.841

Setelah mendapatkan biaya upah lembur, dapat dihitung biaya upah lembur pekerjaan bekisting seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 10. Perhitungan biaya upah lembur pekerjaan bekisting kolom K4 25x50cm T=400cm

Jenis Pekerja	Jumlah tenaga kerja total (a) (Tabel 4)	Upah dengan lembur 4 jam /hari (Rp) (b) (Tabel 4-26)	Total Upah Pekerja (Rp) (axb)
Pekerja	48	217.052	10.418.497
Tukang Kayu	24	271.315	6.511.561
Kepala Tukang	3	325.578	976.734
Mandor	3	379.841	1.139.523
Total			19.046.315

Total biaya upah lembur yang baru didapat di atas kemudian ditambahkan dengan biaya bahan dari pekerjaan tersebut untuk mendapat kan biaya *crash* total.

Tabel 11. Perhitungan total biaya lembur pekerjaan bekisting kolom K4 25x50 cm T= 400 cm

Jenis Pekerjaan	Upah Normal (Rp) (a) (Tabel 4-13)	Upah dengan Lembur 4 jam (Rp) (b) (Tabel 9)	Biaya Bahan (Rp) (c)	Total Biaya Normal (Rp) (a+c)	Total biaya crash dengan Lembur 4 jam (Rp) (b+c)
Pekerjaan Bekisting	8.494.200	19.046.315	4.541.904	13.036.104	23.588.219,03

Penentuan biaya penambahan tenaga kerja

Perhitungan biaya *crash* dengan penambahan tenaga kerja +50% pada pekerjaan bekisting k4 25x50 cm T= 400 cm (lantai dasar)

Tabel 12. Perhitungan upah biaya penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerja	Jumlah tenaga kerja normal total (a) (Tabel 4)	Jumlah tenaga kerja + 50% (b) (Tabel 4-29)	Upah normal/hahari (Rp) (c) (Tabel4-1)	Total Upah Pekerja normal (Rp)(axc)	Total Upah Pekerja +50% (Rp) (bxc)
Pekerja	48	72	100.000	4.800.000	7.200.000
Tukang	24	36	125.000	3.000.000	4.500.000
Kepala Tukang	3	5	150.000	450.000	750.000
Mandor	3	5	175.000	525.000	875.000
		Total		8.775.000	13.325.000

Tabel 13. Perhitungan total biaya penambahan tenaga kerja pekerjaan bekisting kolom K4 25x50 cm T= 400 cm

Jenis Pekerjaan	Upah Normal (Rp)(a) (Tabel 4)	Upah dengan + 50% pekerja (Rp) (b)	Biaya Bahan (Rp) (c)	Total Biaya Normal (Rp) (a+b)	Total biaya crash dengan + 50% pekerja (Rp) (b+c)
Pekerjaan Bekisting	8.775.000	13.325.000	4.541.904	13,316,904	17.866.904

Cost Slope

Cost slope merupakan jumlah pertambahan biaya dari suatu pekerjaan yang sudah dilakukan percepatan, berikut perhitungan *cost slope* pada pekerjaan bekisting kolom K4 25x50cm T=400cm dengan penambahan jam lembur dan tenaga kerja:

$$Cost\ slope = \frac{Crash\ cost - Normal\ cost}{normal\ duration - crash\ duration}$$

- 1) Perhitungan Cost Slope dengan lembur 4 jam

$$Cost\ slope = \frac{33.060.654 - 13.036.104}{4 - 3} = Rp20.024.550$$

- 2) Perhitungan cost slope dengan penambahan 50% tenaga kerja

$$Cost\ slope = \frac{17.866.904 - 13.316.904}{4 - 3} = Rp4.830.800$$

Berdasarkan perhitungan di atas berikut adalah tabel rekapitulasi biaya crash dengan lembur 4 jam pada pekerjaan di jalur kritis

Tabel 14. Rekapitulasi biaya *crash* pekerjaan pada jalur kritis

No	Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crash</i> lembur (Rp)	Biaya <i>Crash</i> +pekerja (Rp)	<i>Cost Slope</i> lembur (Rp)	<i>Cost Slope</i> +pekerja (Rp)
I Pekerjaan Galian Tanah						
1	Galian Tanah	22.211.600	48.348.338	44.550.000	26.136.738	22.338.400
2	Urugan Pasir	3.290.879	46.769.211	46.215.020	3.924.475	3.370.284
3	Lantai Kerja	54.295.295	63.512.602	62.212.385	4.608.653	2.639.030
II Pekerjaan Pondasi						
1	Pondasi Borepile, diameter 30cm P=1500cm, di bawah Pilecap	301.341.769	307.661.506	305.585.936	461.923	164.051
2	Pilecap Type P2/PC2. 85x160cm t=50cm (21bh)					
2.1	Bekisting	5.178.031	16.970.753	8.095.753	11.792.723	11.792.723
2.2	Pembesian	27.791.077	34.871.635	29.410.385	7.080.558	7.080.558
2.3	Pengecoran	51.386.210	58.346.742	53.446.742	6.960.532	6.960.532
3	Plat Beton t=15cm tulangan DOUBLE Wiremesh M8					
3.1	Bekisting	169.595.596	337.844.521	226.232.021	84.124.463	84.124.463
3.2	Pembesian	77.710.000	222.553.750	110.060.000	48.281.250	48.281.250
3.3	Pengecoran	340.235.728	387.620.623	351.189.373	47.384.895	47.384.895
III Pekerjaan struktur						
A Lantai Dasar						
1	Kolom Beton K4 25x50 cm T=400cm					
1.1	Bekisting	13.036.104	33.060.654	17.866.904	10.552.115	4.830.800
1.2	Pembesian	2.846.250	3.269.227	3.061.250	211.488	71.667
1.3	Pengecoran	8.729.219	10.871.903	9.978.334	2.142.684	1.249.115
2	Kolom Beton K5 T 12x35 + 15x50 cm T =400cm					
2.1	Bekisting	13.180.950	15.432.729	11.627.238	6.959.261	3.153.770
2.2	Pembesian	2.043.462	2.376.217	2.219.808	332.755	176.346
2.3	Pengecoran	15.113.591	16.964.985	16.322.571	1.851.393	1.208.980
3	Balok Beton B6/BAT 6 30x40cm (level ± 2800 dan 3200)					
3.1	Bekisting	2.958.048	5.752.005	4.506.123	1.396.978	516.025
3.2	Pembesian	1.192.019	1.423.658	1.327.596	77.213	33.894
3.3	Pengecoran	8.816.262	10.343.911	9.981.917	763.825	388.552
4	Plat Beton t=15cm (SAT) (level ± 2800)					
4.1	Bekisting	82.923.367	165.919.722	110.788.472	82.996.355	27.865.105
4.2	Pembesian	22.492.673	28.144.615	23.760.865	2.825.971	422.731
4.3	Pengecoran	166.357.459	189.830.946	171.874.696	11.736.744	1.839.079

Tabel 15 (Lanjutan). Rekapitulasi biaya crash pekerjaan pada jalur kritis

No	Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crash</i> lembur (Rp)	Biaya <i>Crash</i> +pekerja (Rp)	<i>Cost Slope</i> lembur (Rp)	<i>Cost Slope</i> +pekerja (Rp)
5	Plat Beton t=15cm (S 2) (level ± 3800 dan 4000)					
5.1	Bekisting	40.116.399	80.295.076	53.901.326	40.178.678	13.734.928
5.2	Pembesian	10.881.433	13.674.663	11.549.663	2.793.231	668.231
5.3	Pengecoran	80.479.874	92.095.817	83.402.067	11.615.944	2.922.194
6	Plat Beton Lisplank t=10cm					
6.1	Bekisting	11.192.771	23.185.011	15.260.011	11.992.240	4.067.240
6.2	Pembesian	3.036.000	10.841.250	6.457.500	7.805.250	3.421.500
6.3	Pengecoran	22.454.479	26.537.285	23.818.535	4.082.806	1.364.056
B			Lantai Satu			
	Kolom Beton K4					
1	25x50 cm T=400cm					
1.1	Bekisting	6.518.052	12.146.819	9.095.952	5.628.767	2.577.900
1.2	Pembesian	1.308.788	1.527.504	1.431.442	218.716	122.654
1.3	Pengecoran	9.679.895	12.511.776	11.618.206	2.831.880	1.938.311
	Kolom Beton K5					
2	T 15x35 + 15X50 cm T=400cm					
2.1	Bekisting	4.707.482	8.694.323	6.740.132	3.986.841	2.032.650
2.2	Pembesian	729.808	914.927	849.038	185.119	119.231
2.3	Pengecoran	5.397.711	7.837.974	7.195.561	2.440.263	1.797.850
	Balok Beton B1					
3	15x20 cm (level = 8000)					
3.1	Bekisting	362.210	1.537.098	1.326.260	1.174.888	964.050
3.2	Pembesian	72.981	428.466	332.404	355.485	259.423
3.3	Pengecoran	539.771	1.700.842	1.607.056	1.161.071	1.067.285
	Balok Beton B2					
4	15x20 cm (level = 8000)					
4.1	Bekisting	651.978	2.126.473	1.752.268	1.474.495	1.100.290
4.2	Pembesian	131.365	236.206	226.827	104.840	95.462
4.3	Pengecoran	971.588	2.106.487	2.012.701	1.134.899	1.041.113
	Balok Beton B3					
5	15x20 cm (level = 8000)					
5.1	Bekisting	15.188.673	27.162.494	20.569.503	11.973.821	5.380.830
5.2	Pembesian	3.060.327	3.508.448	3.274.135	448.121	213.808
5.3	Pengecoran	22.634.402	24.898.175	23.987.553	2.263.772	1.353.151
	Balok Beton B4					
6	15x20 cm (level = 8000)					
6.1	Bekisting	2.396.079	6.597.713	5.196.412	4.201.634	2.800.333
6.2	Pembesian	812.519	988.485	922.596	175.966	110.077
6.3	Pengecoran	5.920.775	7.273.115	7.045.225	1.352.340	1.124.450

Tabel 16 (Lanjutan). Rekapitulasi biaya crash pekerjaan pada jalur kritis

No	Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crash</i> lembur (Rp)	Biaya <i>Crash</i> +pekerja (Rp)	<i>Cost Slope</i> lembur (Rp)	<i>Cost Slope</i> +pekerja (Rp)
7	Balok Beton B5 15x20 cm (level = 8000)					
7.1	Bekisting	3.420.872	6.618.756	5.217.456	3.197.884	1.796.583
7.2	Pembesian	827.115	1.001.466	935.577	174.350	108.462
7.3	Pengecoran	6.117.406	7.374.526	7.146.636	1.257.120	1.029.230
8	Balok Beton B6/BAT 6. 30x40 cm (level = 8000)					
8.1	Bekisting	8.837.924	16.266.654	12.305.744	7.428.730	3.467.820
8.2	Pembesian	3.561.462	4.051.795	3.787.308	245.167	112.923
8.3	Pengecoran	26.340.831	29.085.379	28.019.339	2.744.548	839.254
9	Plat Beton t=15 cm (level ± 8000)					
9.1	Bekisting	52.699.298	105.641.928	70.641.928	52.942.630	17.942.630
9.2	Pembesian	14.294.500	17.961.250	3.787.308	10.184.849	10.507.192
9.3	Pengecoran	105.723.170	121.090.392	109.640.392	15.367.222	3.917.222
10	Balok Beton Tidur BA7 20x15 cm level ± 8600 As L-E/1-8					
10.1	Bekisting	5.831.581	11.203.234	8.432.786	5.371.653	2.601.205
10.2	Pembesian	1.566.654	1.805.668	1.705.769	239.014	139.115
10.3	Pengecoran	11.587.087	13.163.851	12.684.805	1.576.764	1.097.718
11	Plat Beton t=15 cm (level ± 8600)					
11.1	Bekisting	46.206.055	92.489.565	61.845.815	46.283.510	15.639.760
11.2	Pembesian	12.533.231	15.761.154	13.276.154	3.227.923	742.923
11.3	Pengecoran	92.696.693	106.497.187	96.253.437	13.800.494	3.556.744
12	Plat Beton Lisplank t=10cm					
12.1	Bekisting	4.932.712	10.894.837	7.319.837	5.962.125	2.387.125
12.2	Pembesian	1.337.981	1.734.279	1.457.404	396.298	119.423
12.3	Pengecoran	9.895.804	12.383.529	10.996.029	2.487.725	1.100.225

Analisis perbandingan durasi dan biaya

Setelah dilakukan percepatan menggunakan jam kerja sistem lembur dan penambahan pekerja pada kegiatan-. Pada penelitian ini besarnya *overhead* dan *profit* diasumsikan 15% dari RAB, maka diketahui:

Total biaya proyek = Rp 9.560.710.930

Total durasi proyek = 515,5 hari

Biaya tidak langsung = Total Biaya Proyek x 15%
= Rp 9.560.710.930 x 15% = Rp. 1.434.106.640

Biaya langsung = Nilai RAB Proyek – Biaya tidak langsung
= Rp 9.560.710.930 - Rp. 1.434.106.640 = Rp. 8.126.604.291

Biaya Tidak Langsung (per hari) = $\frac{\text{Biaya tidak langsung}}{\text{Durasi Normal}}$

$$= \frac{1.434.106.640}{515,5} = \text{Rp. } 2.781.972$$

Total biaya tidak langsung tereduksi lembur

= Biaya tidak langsung (per hari) × Total waktu *crashing* penambahan lembur

= Rp. 2.781.972 × 475,5 hari = Rp. 1.322.827.753

Total biaya tidak langsung tereduksi penambahan pekerja

= Biaya tidak langsung (per hari) × Total waktu *crashing* penambahan pekerja

= Rp. 2.781.972 × 465,5 hari = Rp. 1.295.008.032

1) Percepatan dengan lembur 4 jam

Total biaya setelah *crash* = Biaya langsung normal + Total biaya tidak langsung (lembur) + Total biaya *crashing* (lembur)

= Rp. 8.126.604.291 + Rp. 1.322.827.753 + Rp. 407.797.760 = Rp. 9.857.229.805

2) Percepatan dengan menambah pekerja sebanyak 50%

Total biaya setelah *crash* = Biaya langsung normal + Total biaya tidak langsung (penambahan tenaga kerja) + Total biaya *crash* (penambahan tenaga kerja)

= Rp. 8.126.604.291 + Rp. 1.295.008.032 + Rp. 230.385.538 = Rp. 9.651.997.862

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis dan pembahasan, maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Total Durasi percepatan yang didapat dari kedua metode *crashing* antara lain, durasi *crashing* dengan penambahan 4 jam lembur selama 475,5 hari dan *crashing* dengan penambahan 50% pekerja selama 465,5 hari
- 2) Total biaya yang didapat dari kedua metode *crashing* antara lain; *Crashing* penambahan jam lembur dengan biaya sebesar Rp 9.857.229.805 dan *crashing* penambahan tenaga kerja dengan biaya sebesar Rp 9.651.997.862
- 3) *Crashing* yang paling baik untuk digunakan adalah *crashing* dengan penambahan pekerja sebanyak 50%, karena dapat mengurangi durasi proyek 9,6993% lebih cepat dan dengan biaya 0,954% lebih tinggi daripada biaya normal

Saran

- 1) Penelitian ini hanya berfokus pada pekerjaan galian, pondasi, dan struktur, akan lebih teliti apabila dilakukan *crashing* pada semua pekerjaan
- 2) Pada penelitian selanjutnya akan lebih baik jika di perhitungkan biaya operasional dan mobilisasi dari pekerja tambahan yang di datangkan dari alternatif penambahan tenaga kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). Publikasi: Indikator Konstruksi, Triwulan II-2022. Retrieved from BADAN PUSAT STATISTIK <https://www.bps.go.id/publication/2022/11/22/a11169cf7e4e862420c16930/indikator-konstruksi-triwulan-ii-2022.html>
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Giarti, L., Nuh, S. M., & Indrayadi, M. Analisa Waktu Dan Biaya Konstruksi Pada Pembangunan Gedung Asrama Lpmp Tahap II Pontianak. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 9(2), 1-6.
- Nurdiana, A. (2015). Analisis biaya tidak langsung pada proyek pembangunan best western star hotel & star apartement semarang. *Teknik*, 36(2), 105-109.
- PMBOK Guide. (2021). A Guide To The Project Management Body Of Knowledge. Project Management Institute, 105-109.
- Saputra, N., Handayani, E., & Dwiretnani, A. (2021). Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(1), 44-52.
- Sudarsana, D. (2008). Pengendalian Biaya Dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 12(2), 117-125.