

Analisis Optimasi Waktu dan Biaya pada Proyek JDU SPAM Regional Wosusokas Segmen 3 dengan Metode *Time Cost Trade Off* menggunakan Software Primavera 6.0

Syahrul Gunawan*, Fajar Sri Handayani, Setiono

Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Dalam proyek konstruksi terdapat *triple constrain* yang wajib terpenuhi, yaitu waktu, biaya, dan mutu. Waktu yang optimal, biaya yang minim, dan mutu yang sesuai spesifikasi menjadi tolak ukur keberhasilan proyek. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan terdapat hambatan terhadap waktu dan biaya yang dapat membuat pelaksanaan proyek berjalan tidak sesuai dengan yang direncanakan. Untuk mengatasi hambatan tersebut metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja dapat digunakan untuk optimasi waktu dan biaya dengan proses *crashing* pada pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Analisis metode *Time Cost Trade Off* dibantu menggunakan software *Primavera Project Planner 6.0* untuk memperoleh skenario yang paling ekonomis dari kedua alternatif tersebut. Hasil optimasi waktu dan biaya pada penelitian ini dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja didapat total waktu penyelesaian 485 hari, lebih cepat 49 hari dari waktu normal dengan total biaya proyek sebesar Rp.271.909.061.593 yang mengalami penurunan biaya sebesar Rp.837.176.360. Sedangkan, menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja didapat total waktu penyelesaian 527 hari, lebih cepat 7 hari dari waktu normal dengan total biaya proyek sebesar Rp.272.598.399.413 yang mengalami penurunan biaya sebesar Rp.147.838.540. Oleh karena itu, optimasi waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja lebih ekonomis.

Kata Kunci: Biaya, Primavera 6.0, Time cost trade off, Waktu

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i2.2977>

*Correspondence: Syahrul Gunawan

Email: dr.syahrul10@gmail.com

Received: 01-02-2024

Accepted: 15-03-2024

Published: 30-04-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: In construction projects there are triple constraints that must be met, namely time, cost, and quality. Optimal time, minimal cost, and quality according to specifications are the benchmarks for project success. However, it is possible that there are obstacles to time and cost that can make project implementation run not as planned. To overcome these obstacles, the Time Cost Trade Off method with alternative additions to working hours and labor can be used for time and cost optimization by crashing the work on the critical path. Analysis of the Time Cost Trade Off method is assisted using Primavera Project Planner 6.0 software to obtain the most economical scenario of the two alternatives. The results of time and cost optimization in this study using the alternative of adding working hours obtained a total completion time of 485 days, 49 days faster than the normal time with a total project cost of Rp.271,909,061,593 which decreased costs by Rp.837,176,360. Meanwhile, using the alternative of additional labor obtained a total completion time of 527 days, 7 days faster than the normal time with a total project cost of Rp.272,598,399,413 which decreased in cost by Rp.147,838,540. Therefore, time and cost optimization with additional working hours is more economical.

Keywords: Cost, Primavera 6.0, Time cost trade off, Duration

Pendahuluan

Dewasa ini laju pembangunan infrastruktur di Indonesia semakin pesat, sejalan dengan dorongan Pemerintah. Berbagai proyek berskala besar banyak dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks salah satunya yaitu proyek JDU SPAM yang berada di wilayah Wonogiri, Sukoharjo, Solo, Karanganyar, dan Sragen (WOSUSOKAS). Proyek dengan skala besar dibutuhkan manajemen proyek yang baik (Son, 2023d; Yilmaz, 2023). Manajemen proyek menurut Dedi Apriyanto (2016) merupakan ilmu yang mempelajari dan mempraktikkan aspek-aspek manajerial dan teknologi industri konstruksi, termasuk di dalamnya terdapat penjadwalan dan pengendalian proyek. Manajemen proyek yang baik dapat meminimalisir terjadinya keterlambatan proyek dengan memperhatikan aspek penjadwalan dan pengendalian proyek (Son, 2023c, 2023b, 2023a). Akan tetapi, dalam pelaksanaan di lapangan proyek konstruksi terdapat kemungkinan mengalami keterlambatan karena aspek lain (Eirgash, 2023; Trivedi, 2023). Oleh karena itu, diperlukan percepatan dan optimasi baik saat perencanaan maupun saat proyek mengalami keterlambatan (Aramesh, 2023; Barata, 2023).

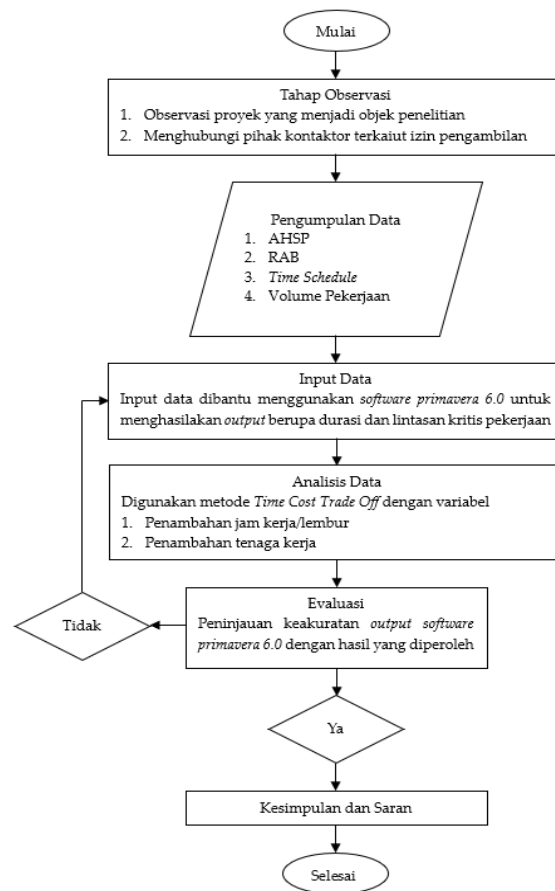
Proyek pembangunan JDU SPAM yang berlokasi di daerah WOSUSOKAS khususnya segmen 3 ini dipilih sebagai objek penelitian karena pihak *owner* menginginkan percepatan pada proses pelaksanaan agar segera dapat diresmikan dan difungsikan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk percepatan proyek yaitu metode *Time Cost Trade Off*. Alternatif yang digunakan adalah dengan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja dengan analisis dibantu menggunakan *software Primavera 6.0*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh total waktu dan total biaya setelah dipercepat dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja serta membandingkan alternatif mana yang lebih ekonomis.

Metode

Time Cost Trade Off (TCTO) merupakan konsep pada manajemen proyek yang melibatkan keputusan untuk menyeimbangkan durasi dan biaya. Metode ini digunakan untuk mempersingkat penjadwalan atau pengeluaran anggaran selama tahap pelaksanaan proyek berlangsung dengan proses *crashing*. Pada analisis *time cost trade off*, terdapat dua metode pengerjaan, salah satunya yaitu lintasan kritis (Budianto et al, 2021).

Software Primavera 6.0 merupakan aplikasi untuk memudahkan pekerjaan proyek konstruksi dari segi perencanaan, penjadwalan, serta pengelolaan data. Perangkat lunak ini menyediakan fitur-fitur yang komprehensif untuk perencanaan, pengawasan, dan pengendalian proyek. *Software Primavera 6.0* dapat digunakan dalam pengendalian proyek karena dapat menghasilkan *output* berupa *network diagram*, *critical path*, *resources* dan

lainnya. Berikut merupakan diagram alir penelitian dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan bantuan *software Primavera 6.0*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Produktivitas kerja lembur diperhitungkan sebesar 75% dari produktivitas normal hal ini karena faktor cuaca, arus lalu lintas, udara yang kurang nyaman, dan lain-lain. Produktivitas kerja merupakan perbandingan antara kuantitas pekerjaan yang dilakukan dengan sumber daya yang digunakan. Analisis durasi *crash* dengan penambahan jam kerja lembur dapat digunakan rumus berikut.

- 1) Produktivitas harian $= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}}$
- 2) Produktivitas per jam $= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja normal}}$
- 3) Produktivitas *crash* $= [1] + (\text{penambahan jam kerja lembur} \times [2] \times 75\%)$
- 4) Durasi *crash* lembur $= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crash}}$

Sedangkan analisis durasi *crash* dengan penambahan tenaga kerja dapat digunakan rumus di bawah ini.

- 5) Indeks tenaga kerja per hari $= \frac{\text{Volume pekerjaan} \times \text{koefisien tenaga kerja}}{\text{Durasi normal}}$
- 6) Durasi *crash* tenaga kerja $= \frac{\text{Volume pekerjaan} \times \text{koefisien tenaga kerja}}{\text{Indeks tenaga kerja perhari} \times \text{penambahan tenaga kerja}}$

Setelah menghitung *crash duration* berikutnya yaitu menghitung *crash cost* dan *cost slope* dengan perhitungan seperti di bawah ini

- 7) Total upah lembur = Durasi *crash* x perkalian lembur x upah normal per jam
 8) Upah pekerja *crash* = Upah x (Indeks pekerja + Penambahan Tenaga Kerja)
 9) *Crash cost* = Normal cost x Total upah lembur
 10) *Cost slope* =
$$\frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}}$$

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini optimasi waktu dan biaya dilakukan dengan 2 alternatif yaitu penambahan jam kerja (2 jam) dan penambahan tenaga kerja (1 tenaga kerja) yang berada pada lintasan kritis.

Tabel 1. Rekapitulasi pekerjaan kritis

ID	Item Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Normal
1.01	Temporary site office construction	92	Rp. 620.737.000
1.06	Project Signboard	534	Rp. 2.204.800
2.1.1	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy	304	Rp. 39.405.660.000
2.2.2	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy; includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water	305	Rp. 11.262.796.660
2.4.1.1	Concrete demolition with jack hammer	396	Rp. 59.517.458
2.4.2.1	One-sided asphalt cutting	396	Rp. 2.480.000
2.4.2.1	Asphalt Demolition with toolS	396	Rp. 2.345.000
2.4.3.1	Concrete $f_c' = 19,3$ Mpa (K-225)	412	Rp. 10.041.000
2.4.3.2	Asphalt paving AC-WC thick = 4 cm (2.3 ton/m ³)	412	Rp. 9.705.080
2.4.4	Thrust block Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225)	412	Rp. 58.015.200

Setelah didapatkan pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dilakukan optimasi waktu dan biaya dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja. Rumus perhitungan dapat digunakan seperti pada bagian metode.

Alternatif Penambahan Jam Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan 2 jam kerja lembur. Berikut adalah hasil analisis perhitungan *crashing* yang disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Penambahan 2 Jam Kerja (Lembur)

ID	Item Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)	Crash Cost	Cost Slope
1.01	Temporary site office construction	92	78	Rp. 380.210.952	Rp. 7.347.982
1.06	Project Signboard	534	450	Rp. 1.133.351	Rp. 3.634
2.1.1	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy	304	256	Rp. 249.854.635	Rp. 1.401.428

ID	Item Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)	Crash Cost	Cost Slope
2.2.2	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy; includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water	305	257	Rp. 236.912.948	Rp. 1.329.436
2.4.1.1	Concrete demolition with jack hammer	396	334	Rp. 45.567.150	Rp. 198.100
2.4.2.1	One-sided asphalt cutting	396	334	Rp. 1.980.947	Rp. 8.612
2.4.2.1	Asphalt Demolition with toolS	396	334	Rp. 2.918.570	Rp. 12.688
2.4.3.1	Concrete $f_c' = 19,3$ Mpa (K-225)	412	347	Rp. 1.227.340	Rp. 5.084
2.4.3.2	Asphalt paving AC-WC thick = 4 cm (2.3 ton/m ³)	412	347	Rp. 1.846.793	Rp. 7.650
2.4.4	Thrust block Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225)	412	347	Rp. 7.989.2912	Rp. 33.095

Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja harus memperhatikan ruang kerja yang tersedia, karena menambah tenaga kerja tidak boleh sampai mengganggu aktivitas yang lain sehingga diperlukan ruang kerja yang cukup. Berikut adalah hasil analisis perhitungan yang disajikan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Penambahan Tenaga Kerja

ID	Item Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)	Crash Cost	Cost Slope
1.01	Temporary site office construction	92	81	Rp. 218.830.663	- Rp. 5.318.959
2.1.1	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy	304	194	Rp. 225.428.117	Rp. 389.473
2.2.2	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy; includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water	305	190	Rp. 164.946.813	- Rp. 70.898

Tabel 4. Rekapitulasi Penambahan Tenaga Kerja

ID	Item Pekerjaan	Penambahan Tukang (OH)	Penambahan Pekerja (OH)
1.01	Temporary site office construction	1	1
2.1.1	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy	1	1
2.2.2	Medium Steel Pipe ND 1000 mm, t=12.7 mm, 3LPE & Liquid Epoxy; includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water	1	1

Perbandingan Durasi, Biaya Langsung, dan Tidak Langsung

Setelah melakukan optimasi terhadap item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis, maka berikutnya yaitu menghitung biaya langsung dan tidak langsung. Pada dasarnya biaya langsung akan cenderung naik, sedangkan biaya tidak langsung akan mengalami penurunan karena durasi proyek mengalami percepatan. Rekapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Perbandingan Waktu dan Biaya Total Proyek Sebelum dan Sesudah Optimasi

	Durasi Normal (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Sebelum Optimasi	534	237.170.641.698	35.575.596.255	272.746.237.952
Penambahan jam kerja lembur	485	237.421.607.795	34.487.453.798	271.909.061.593
Penambahan tenaga kerja	527	237.178.252.080	35.420.147.333	272.598.399.413
Selisih alternatif 1	49	250.966.097	- 1.088.142.457	- 837.176.360
Selisih alternatif 2	7	7.610.382	- 155.448.922	- 147.838.540

Dari hasil analisis percepatan yang dilakukan menggunakan metode *time cost trade off* dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan yang berada di jalur kritis, durasi proyek mengalami penurunan 49 hari menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan 7 hari menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja. Dalam analisis percepatan menggunakan alternatif penambahan jam kerja biaya langsung mengalami kenaikan yang awalnya Rp.237.170.641.698 menjadi Rp.237.421.607.795. Sedangkan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja biaya langsung menjadi Rp.237.178.252.080.

Selain itu, biaya tidak langsung mengalami penurunan karena durasi proyek berkurang dari Rp.35.575.596.255 menjadi Rp.34.487.453.798 untuk alternatif penambahan jam kerja dan menjadi Rp.35.420.147.333 untuk alternatif penambahan tenaga kerja. Hasil biaya dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja mengalami penurunan Rp.837.176.360 dengan total biaya proyek Rp.271.909.061.593, sedangkan dengan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja juga mengalami penurunan sebesar Rp. 147.838.540 dengan total biaya proyek sebesar Rp.272.598.399.413. Dari hasil analisis perhitungan dapat disimpulkan bahwa optimasi biaya dan waktu dengan penambahan jam kerja dapat mempersingkat waktu dan memangkas biaya total proyek.

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dengan metode *time cost trade off* menggunakan *software* Primavera 6.0, kesimpulan yang diambil bahwa hasil optimasi waktu dan biaya pada Proyek JDU SPAM Regional WOSUSOKAS Segmen 3 dengan metode *time cost trade off* menggunakan alternatif penambahan jam kerja didapat total waktu penyelesaian 485 hari

dengan total biaya proyek sebesar Rp.271.909.061.593. Sedangkan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja didapat total waktu penyelesaian 527 hari dengan total biaya proyek sebesar Rp.272.598.399.413.

Perbandingan total waktu dan biaya setelah dilakukan penambahan jam kerja waktu berkurang 49 hari dengan total biaya mengalami penurunan sebesar Rp.837.176.360. Sedangkan, menggunakan penambahan tenaga kerja waktu berkurang 7 hari dengan total biaya mengalami penurunan sebesar Rp.147.838.540. Oleh karena itu, optimasi biaya dan waktu dengan penambahan jam kerja lebih optimal karena lebih memangkas waktu dan total biaya proyek.

Daftar Pustaka

- Apriyanto, D. (2016). Penerapan Program Primavera 6.0 Untuk Menganalisis Konsep Nilai Hasil (Studi Kasus Proyek Pembangunan Kantor Polres Kabupaten Purworejo (Doctoral dissertation, Teknik Sipil-Fakultas Teknik).
- Aramesh, S. (2023). An optimization model for construction project scheduling by considering CO₂ emissions with multi-mode resource constraints under interval-valued fuzzy uncertainty. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(1), 87–102. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04377-4>
- Arvianto, R., Fajar, S. H., & Setiono. (2017). Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III Dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 69.
- Barata, J. (2023). Mass customization and mass personalization meet at the crossroads of Industry 4.0: A case of augmented digital engineering. *Systems Engineering*, 26(6), 715–727. <https://doi.org/10.1002/sys.21682>
- Caesaron, D., dan Andrey, T., Analisa Penjadwalan Waktu Dengan Metode Jalur Kritis dan PERT Pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok), *Journal Of Industrial Engineering & Management Systems*, Vol. 8 No. 2, 2015, pp. 59-82.
- Dialektika, Q. S., Setiono, & Suryoto. Analisis Optimasi Biaya dan Waktu Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off Menggunakan Aplikasi Primavera P6 (Studi Kasus Proyek Penataan Koridor Jl. Ir. Juanda, Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 10(2), 90-97.
- Eirgash, M. A. (2023). Modified dynamic opposite learning assisted TLBO for solving Time-Cost optimization in generalized construction projects. *Structures*, 53, 806–821. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.04.091>
- Eko, A. B., & Albert, H. E. (2021). Analisis Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Gudang Amunisi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 305-310.
- Handoko, T.H.. (1999). Dasar-dasar Manajemen Produksi Dan Operasi, Edisi Pertama. BPFE : Yogyakarta.
- Himawan, A. Y. (2023). Analisis Percepatan Pada Proyek Pembangunan Gedung Mtsn 4 Sragen Dengan Metode Time Cost Trade Off Analysis Dengan Software Primavera 6.0.

- Jati, Adam Satrio. 2021. Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off Menggunakan Aplikasi Primavera P6 (Studi Kasus Proyek Gedung Teknik Universitas Jendral Soedirman), Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Kusuma, Doni Probo., 2016. Pengendalian Biaya dan Waktu Pada Proyek Pembangunan Hotel Dengan Menggunakan Primavera Project Planner P6, Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Priyo, M., & Sumanto, A. (2016). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. *Semesta Teknika*, 19(1), 1-15.
- Raharjo R. W. & Musyafa A., 2018. Analisis Percepatan Proyek Dengan Metode Penambahan Tenaga Kerja, Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Rahayu, S., Nurwan, & Wungguli, D. (2022). Analisis Critical Path Method dan Time Cost Trade Off dalam Optimasi Waktu dan Biaya Pengerjaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 19(2), 227–242.
- Republik Indonesia, P. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja.
- Soeharto, I. 1999. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Son, P. V. H. (2023a). Adaptive opposition slime mold algorithm for time–cost–quality–safety trade-off for construction projects. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(7), 1927–1942. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00612-6>
- Son, P. V. H. (2023b). Optimization in Construction Management Using Adaptive Opposition Slime Mould Algorithm. *Advances in Civil Engineering*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/7228896>
- Son, P. V. H. (2023c). Optimization time-cost-quality-work continuity in construction management using mutation–crossover slime mold algorithm. *Applied Soft Computing*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110775>
- Son, P. V. H. (2023d). Solving large-scale discrete time–cost trade-off problem using hybrid multi-verse optimizer model. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29050-9>
- Trivedi, M. K. (2023). Construction time–cost–resources–quality trade-off optimization using NSGA-III. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(8), 3543–3555. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00731-0>
- Widiasanti, I., Lenggogeni., 2013. Manajemen Konstruksi, PT. Remaja Rosdakarya: Bandung.
- Yilmaz, M. (2023). Multi-objective time–cost trade-off optimization for the construction scheduling with Rao algorithms. *Structures*, 48, 798–808. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.01.006>
- Yulianto, Udien (2021). Evaluasi Biaya dan Waktu Proyek Optimalisasi Sistem Air Minum (SPAM) Kota Blitar dengan Metode Time Cost Trade Off. *Jurnal Informatika, Sipil, Mesin, Elektro, Teknologi*. 12(2), 13-17.