# OPTIMASI DAN ANALISIS RISIKO JADWAL PADA EFISIENSI WAKTU PELAKSANAAN PROYEK REKONSTRUKSI JALAN

*Proyek Rekonstruksi Jalan Ruas Sawo-Gambiran, Kecamatan Campurdarat-Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung*

**Fika Famungkas[1], Admad Rifai Sodik[2], Lila Ayu Ratna Winanda[3]**

*[1]Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Perum Joyo Grand Kav. A-22 Malang*
*[2] Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang,Jl. Parikesit 45 Malang*
*Email: vicahansamu@gmail.com*

## ABSTRACT

This study analyzes time optimization and schedule delay risk in the Sawo–Gambiran road reconstruction project by integrating the Program Evaluation and Review Technique (PERT), work dependency relationships, and the S-Curve method. The research data were obtained from MC100 reports, planned S-Curve data, and three-time estimates collected from expert respondents. The revised results indicate that the predecessor relationships must follow field execution patterns that operate in a segmental parallel workflow. The revised critical path is K1–K5–K8–K7–K12–K11–K18, consisting of mobilization, ordinary excavation, Class B aggregate base course, Class A aggregate base course, asphalt binder course (AC-BC), asphalt wearing course (AC-WC), and thermoplastic road marking. The planned S-Curve shows project completion at week 26, while the PERT-based expected time S-Curve reaches 100% completion at week 24. Thus, there is a potential time efficiency of 2 weeks or 7.69% compared to the planned duration. The stone masonry work (K17) remains a high-risk activity due to its expected time and large weight contribution, although it is not part of the main critical path of pavement works. These findings confirm that project control should focus on critical activities, high-weight activities, and high-variance activities to minimize schedule deviation from the early stages.

**Keywords:** PERT; critical path; S-Curve; road reconstruction; time optimization; schedule risk.

## ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis optimasi waktu dan risiko keterlambatan pada proyek rekonstruksi Jalan Sawo-Gambiran dengan mengintegrasikan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT), hubungan ketergantungan pekerjaan, dan Kurva S. Data penelitian bersumber dari MC100, Kurva S rencana, serta rekap estimasi tiga waktu dari responden ahli. Hasil revisi menunjukkan bahwa hubungan predecessor perlu mengikuti pola kerja lapangan yang berjalan paralel secara segmental. Jalur kritis revisi adalah K1-K5-K8-K7-K12-K11-K18, yaitu rangkaian pekerjaan mobilisasi, galian biasa, lapis pondasi agregat klas B, lapis pondasi agregat klas A, laston lapis antara AC-BC, laston lapis aus AC-WC, dan marka jalan termoplastik. Kurva S rencana menunjukkan penyelesaian pada minggu ke-26, sedangkan Kurva S hasil TE PERT mencapai 100% pada minggu ke-24. Dengan demikian, terdapat potensi efisiensi waktu sebesar 2 minggu atau 7,69% terhadap durasi rencana. Pekerjaan K17 Pasangan batu tetap menjadi pekerjaan berisiko tinggi karena memiliki TE dan bobot besar, meskipun tidak menjadi lintasan kritis utama pekerjaan perkerasan. Hasil ini menegaskan bahwa pengendalian proyek perlu difokuskan pada kegiatan kritis, kegiatan berbobot besar, dan kegiatan dengan variansi tinggi agar deviasi jadwal dapat ditekan sejak awal.

*Kata kunci: PERT; jalur kritis; Kurva S; rekonstruksi jalan; optimasi waktu; risiko jadwal.*

## 1. PENDAHULUAN

Manajemen waktu pada proyek rekonstruksi jalan memerlukan pengendalian yang ketat karena kegiatan lapangan saling bergantung, menggunakan sumber daya bersama, dan dipengaruhi kondisi cuaca, alat berat, material, serta akses lokasi. Pada proyek jalan, keterlambatan satu kegiatan tidak selalu berdampak sama terhadap penyelesaian proyek. Dampak terbesar terjadi pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis.

Dokumen awal penelitian telah menggunakan PERT untuk menghitung Expected Time (TE), variansi, dan standar deviasi. Namun, jalur kritis perlu direvisi karena hubungan predecessor sebelumnya belum sepenuhnya mengikuti pola pelaksanaan pada Kurva S. Pada Kurva S, beberapa pekerjaan berjalan overlap secara segmental. Karena itu, analisis tidak cukup menggunakan hubungan finish-to-start murni. Urutan kerja harus disesuaikan dengan pola pekerjaan jalan yang dimulai dari pekerjaan tanah, lapis pondasi, perkerasan aspal, sampai pekerjaan akhir.

Penelitian revisi ini bertujuan memperbaiki struktur predecessor, menentukan jalur kritis yang lebih sesuai dengan Kurva S, menghitung efisiensi waktu

berdasarkan perbandingan durasi rencana dan hasil TE PERT, serta menyajikan Kurva S rencana dan Kurva S hasil TE sebagai dasar monitoring jadwal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

PERT merupakan metode penjadwalan probabilistik yang menggunakan tiga estimasi waktu, yaitu waktu optimis, waktu paling mungkin, dan waktu pesimis. Pendekatan ini berguna ketika durasi kegiatan proyek tidak pasti. Nilai TE menggambarkan waktu harapan kegiatan, sedangkan variansi dan standar deviasi menunjukkan tingkat ketidakpastian durasi.

Jalur kritis merupakan lintasan kegiatan yang mengendalikan waktu penyelesaian proyek. Dalam konteks pekerjaan jalan, jalur kritis tidak hanya ditentukan oleh durasi terpanjang secara matematis, tetapi juga oleh hubungan teknis pekerjaan di lapangan. Pekerjaan perkerasan biasanya menjadi lintasan utama karena menjadi syarat bagi pekerjaan akhir seperti marka jalan.

Metode Fast Track merupakan teknik percepatan jadwal proyek konstruksi dengan melaksanakan aktivitas secara paralel tanpa mengabaikan hubungan logis antar pekerjaan, sehingga urutan kerja yang semula berurutan dapat dilakukan secara tumpang tindih untuk memperpendek durasi proyek (Dahlan, Nainggolan, & Winanda, 2019). Kurva S digunakan untuk menggambarkan progres kumulatif proyek. terhadap waktu. Kurva ini membantu membandingkan rencana dengan capaian hasil perhitungan TE. Jika Kurva S hasil TE mencapai 100% lebih cepat daripada Kurva S rencana, maka terdapat peluang efisiensi waktu. Namun, peluang tersebut tetap perlu divalidasi terhadap ketersediaan sumber daya dan kondisi lapangan.

## 3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Data utama meliputi daftar pekerjaan K1 sampai K19, bobot pekerjaan dari MC100, estimasi tiga waktu dari responden ahli, dan jadwal mingguan dari Kurva S. Tahapan analisis meliputi validasi data PERT, perhitungan TE, penyusunan predecessor revisi, identifikasi jalur kritis, dan perbandingan Kurva S rencana dengan Kurva S hasil TE.

Rumus yang digunakan dalam analisis PERT adalah TE = (a + 4m + b) / 6. Variansi dihitung dengan rumus sigma kuadrat = ((b - a) / 6)^2. Standar deviasi dihitung dari akar variansi. Dalam analisis efisiensi, durasi rencana dibaca dari Kurva S sebagai 26 minggu atau sekitar 185 hari kalender, bukan 185 minggu.

Revisi predecessor dilakukan dengan mengikuti pola Kurva S. Karena pekerjaan jalan berlangsung secara bertahap per segmen, beberapa hubungan lebih tepat dipahami sebagai start-to-start dengan jeda waktu, bukan finish-to-start penuh. Oleh karena itu, jalur kritis revisi ditentukan berdasarkan rangkaian pekerjaan yang mengendalikan penyelesaian fungsi jalan sampai marka termoplastik.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perhitungan Te, Variansi, Dan Standar Deviasi

Hasil perhitungan PERT menunjukkan adanya variasi durasi dan risiko pada setiap kegiatan. K17 Pasangan batu memiliki TE terbesar, yaitu 15,20 minggu, dan variansi 1,21. K2 Penyiapan dokumen SMKK memiliki variansi tertinggi, yaitu 1,68. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian tidak hanya perlu berfokus pada jalur kritis, tetapi juga pada kegiatan dengan bobot besar dan ketidakpastian tinggi.

Tabel 1. Ringkasan Hasil PERT

| Kode | Nama Kegiatan | Bobot (%) | TE (minggu) | Variansi | SD |
|---|---|---|---|---|---|
| K1 | Mobilisasi dan Demobilisasi | 0.173 | 2.88 | 0.20 | 0.45 |
| K2 | Penyiapan dokumen SMKK | 0.332 | 12.07 | 1.68 | 1.30 |
| K3 | Galian selokan dan saluran | 1.001 | 9.35 | 0.61 | 0.78 |
| K4 | Pemasangan box culvert | 4.252 | 4.20 | 0.28 | 0.53 |
| K5 | Galian biasa | 0.098 | 8.72 | 0.42 | 0.65 |
| K6 | Penyiapan badan jalan | 0.061 | 5.18 | 0.30 | 0.55 |
| K7 | Lapis pondasi agregat klas A | 11.896 | 8.02 | 0.47 | 0.68 |
| K8 | Lapis pondasi agregat klas B | 8.575 | 7.37 | 0.40 | 0.63 |
| K9 | Perkerasan beton semen | 8.276 | 6.32 | 0.42 | 0.65 |
| K10 | Lapis pondasi bawah beton kurus | 2.170 | 4.94 | 0.18 | 0.43 |
| K11 | Laston lapis aus AC-WC | 14.525 | 2.85 | 0.12 | 0.35 |
| K12 | Laston lapis antara AC-BC | 20.347 | 4.10 | 0.22 | 0.47 |
| K13 | Beton struktur fc'25 MPa | 1.698 | 9.47 | 0.54 | 0.73 |
| K14 | Beton struktur fc'20 MPa | 5.360 | 5.37 | 0.19 | 0.43 |
| K15 | Baja tulangan polos BjTP 280 | 0.810 | 9.15 | 0.86 | 0.93 |
| K16 | Baja tulangan sirip BjTS 280 | 1.361 | 8.48 | 0.84 | 0.92 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| K17 | Pasangan batu | 17.715 | 15.20 | 1.21 | 1.10 |
| K18 | Marka jalan termoplastik | 1.343 | 1.75 | 0.06 | 0.25 |
| K19 | Patok pengarah | 0.007 | 2.73 | 0.13 | 0.37 |

Tabel 2 menyajikan predecessor revisi yang mengikuti Kurva S. Revisi ini mengoreksi pola hubungan lama yang terlalu linear. Pekerjaan perkerasan berbutir dan perkerasan aspal ditempatkan sebagai lintasan pengendali karena menentukan kesiapan badan jalan sampai pekerjaan marka.

Tabel 2. Revisi Predecessor Mengikuti Kurva S

| Kode | Nama Kegiatan | Predecessor Revisi | Minggu Aktif TE | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| K1 | Mobilisasi dan Demobilisasi | - | 1-3 | Lintasan kritis |
| K2 | Penyiapan dokumen SMKK | K1 | 2-13 | Risiko tinggi |
| K3 | Galian selokan dan saluran | K1 | 3-11 | Non-kritis |
| K4 | Pemasangan box culvert | K3 | 9-12 | Non-kritis |
| K5 | Galian biasa | K1 | 6-14 | Lintasan kritis |
| K6 | Penyiapan badan jalan | K5, K8 | 11-15 | Non-kritis |
| K7 | Lapis pondasi agregat klas A | K8 | 11-18 | Lintasan kritis |
| K8 | Lapis pondasi agregat klas B | K5 | 11-17 | Lintasan kritis |
| K9 | Perkerasan beton semen | K10 | 13-18 | Non-kritis |
| K10 | Lapis pondasi bawah beton kurus | K7 | 11-15 | Non-kritis |
| K11 | Laston lapis aus AC-WC | K12 | 21-23 | Lintasan kritis |
| K12 | Laston lapis antara AC-BC | K7 | 16-19 | Lintasan kritis |
| K13 | Beton struktur fc'25 MPa | K15, K16 | 11-19 | Non-kritis |
| K14 | Beton struktur fc'20 MPa | K15, K16 | 19-23 | Non-kritis |
| K15 | Baja tulangan polos BjTP 280 | K17 | 11-19 | Risiko tinggi |
| K16 | Baja tulangan sirip BjTS 280 | K17 | 11-18 | Risiko tinggi |
| K17 | Pasangan batu | K3 | 9-23 | Risiko tinggi |
| K18 | Marka jalan termoplastik | K11 | 23-24 | Lintasan kritis |
| K19 | Patok pengarah | K12, K17 | 21-23 | Non-kritis |

## 4.2 Jalur Kritis Revisi

Berdasarkan hubungan pekerjaan yang mengikuti Kurva S, jalur kritis revisi adalah K1-K5-K8-K7-K12-K11-K18. Lintasan ini merepresentasikan urutan pengendali pekerjaan perkerasan jalan dari mobilisasi, pekerjaan tanah, lapis pondasi agregat, lapis antara AC-BC, lapis aus AC-WC, sampai marka jalan termoplastik. Keterlambatan pada salah satu kegiatan dalam lintasan ini berpotensi langsung menggeser penyelesaian fungsi jalan.

Apabila durasi TE pada lintasan tersebut dijumlahkan secara finish-to-start murni, totalnya adalah 35.69 minggu. Namun, Kurva S menunjukkan pekerjaan berjalan overlap per segmen. Oleh karena itu, durasi efektif hasil TE berbasis Kurva S adalah 24 minggu. Angka ini lebih representatif untuk proyek jalan karena mengikuti pola pelaksanaan bertahap di lapangan.

Tabel 3. Lintasan Kritis Revisi

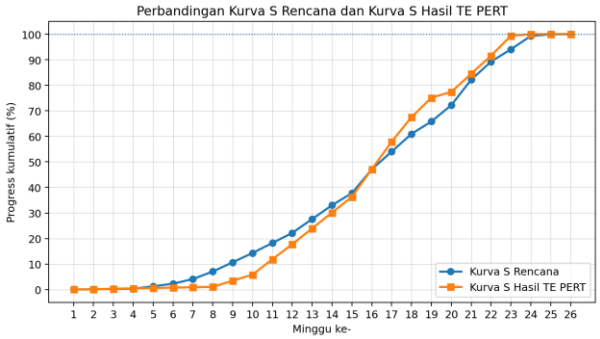
| Urutan | Kode | Nama Kegiatan | TE | Varians i | Minggu Aktif TE |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | K1 | Mobilisasi dan Demobilisasi | 2.88 | 0.20 | 1-3 |
| 2 | K5 | Galian biasa | 8.72 | 0.42 | 6-14 |
| 3 | K8 | Lapis pondasi agregat klas B | 7.37 | 0.40 | 11-17 |
| 4 | K7 | Lapis pondasi agregat klas A | 8.02 | 0.47 | 11-18 |
| 5 | K12 | Laston lapis antara AC-BC | 4.10 | 0.22 | 16-19 |
| 6 | K11 | Laston lapis aus AC-WC | 2.85 | 0.12 | 21-23 |
| 7 | K18 | Marka jalan termoplastik | 1.75 | 0.06 | 23-24 |
| | **Total** | **Akumulasi TE lintasan FS murni** | **35.69** | 1.89 | SD = 1.37 |




*Gambar 1. Diagram Jalur Kritis Revisi Berdasarkan Kurva S*

## 4.3 Kurva S Rencana Dan Kurva S Hasil Te

Kurva S rencana menunjukkan durasi proyek sampai minggu ke-26. Kurva S hasil TE PERT mencapai 100% pada minggu ke-24. Perbandingan tersebut menunjukkan potensi efisiensi waktu sebesar 2 minggu atau 7.69%. Pada minggu awal, Kurva S hasil TE berada di bawah rencana karena pekerjaan berbobot besar belum dominan. Mulai minggu ke-16, Kurva S hasil TE mulai menyamai dan melampaui rencana karena pekerjaan perkerasan aspal dan pasangan batu mulai memberikan kontribusi progres besar.




*Gambar 2. Perbandingan Kurva S Rencana dan Kurva S Hasil TE PERT*

Tabel 4. Ringkasan Perbandingan Kurva S Kumulatif

| Minggu | Rencana Kumulatif (%) | TE PERT Kumulatif (%) | Deviasi TE-Rencana (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.04 | 0.06 | 0.01 |
| 2 | 0.10 | 0.14 | 0.04 |
| 3 | 0.23 | 0.34 | 0.11 |
| 4 | 0.33 | 0.48 | 0.15 |
| 5 | 1.30 | 0.62 | -0.68 |
| 6 | 2.29 | 0.77 | -1.52 |
| 7 | 4.13 | 0.92 | -3.21 |
| 8 | 7.05 | 1.07 | -5.99 |
| 9 | 10.68 | 3.46 | -7.22 |
| 10 | 14.32 | 5.85 | -8.46 |
| 11 | 18.25 | 11.85 | -6.39 |
| 12 | 22.18 | 17.74 | -4.43 |
| 13 | 27.60 | 23.95 | -3.65 |
| 14 | 33.03 | 30.13 | -2.90 |
| 15 | 37.75 | 36.30 | -1.45 |
| 16 | 47.05 | 47.10 | 0.05 |
| 17 | 54.00 | 57.91 | 3.91 |
| 18 | 60.95 | 67.49 | 6.55 |
| 19 | 65.81 | 75.11 | 9.30 |
| 20 | 72.16 | 77.37 | 5.20 |
| 21 | 82.15 | 84.46 | 2.31 |
| 22 | 89.24 | 91.56 | 2.32 |
| 23 | 94.07 | 99.33 | 5.26 |
| 24 | 99.27 | 100.00 | 0.73 |
| 25 | 99.96 | 100.00 | 0.04 |
| 26 | 100.00 | 100.00 | 0.00 |

## 4.4 Analisis Risiko Jadwal

Risiko jadwal tertinggi tidak hanya berada pada lintasan kritis. K17 Pasangan batu memiliki TE 15,20 minggu, bobot 17,715%, dan variansi 1,21. Kegiatan ini perlu dikendalikan karena bobotnya besar dan durasinya panjang. K2 juga perlu diawasi karena variansinya tertinggi, yaitu 1,68, sehingga risiko ketidakpastian administrasi cukup besar.

Pada lintasan kritis, kegiatan K8, K7, K12, dan K11 harus menjadi fokus monitoring mingguan. K8 dan K7 menentukan kesiapan lapis pondasi. K12 dan K11 menentukan penyelesaian struktur perkerasan aspal. Jika material agregat, asphalt mixing plant, alat penghampar, atau pemadatan tidak siap, keterlambatan dapat langsung menggeser pekerjaan marka.

Strategi pengendalian yang disarankan meliputi pengamanan pasokan material agregat dan aspal, pemeriksaan kesiapan alat berat, monitoring produktivitas per minggu, penambahan shift saat deviasi mulai terjadi, dan penempatan buffer pada pekerjaan berbobot besar seperti K17 dan K12. Pengendalian juga perlu menggunakan Kurva S sebagai alat pembanding antara target rencana dan capaian hasil TE.

## 4.5 Pembahasan Revisi Terhadap Dokumen Awal

Dokumen awal masih menempatkan beberapa pekerjaan administrasi dan pekerjaan akhir dalam jalur kritis lama. Setelah dibandingkan dengan Kurva S, jalur tersebut kurang sesuai dengan pola pekerjaan jalan karena tidak menggambarkan lintasan utama perkerasan. Revisi ini menempatkan pekerjaan perkerasan sebagai jalur pengendali, sehingga hasil analisis lebih sesuai dengan logika teknis proyek rekonstruksi jalan.

Perbaikan penting lainnya adalah interpretasi durasi rencana. Nilai 185 pada dokumen proyek lebih tepat dibaca sebagai hari kalender atau setara dengan sekitar 26 minggu pada Kurva S, bukan 185 minggu. Dengan koreksi ini, hasil efisiensi menjadi lebih rasional. Perbandingan durasi rencana 26 minggu dengan hasil TE 24 minggu menghasilkan potensi efisiensi 7,69%, bukan efisiensi sangat besar yang tidak realistis.

# 5. KESIMPULAN

- Durasi rencana berdasarkan Kurva S adalah 26 minggu, sedangkan Kurva S hasil TE PERT mencapai 100% pada minggu ke-24.
- Potensi efisiensi waktu adalah 2 minggu atau 7.69% terhadap durasi rencana.
- Jalur kritis revisi yang mengikuti Kurva S adalah K1-K5-K8-K7-K12-K11-K18.
- Pekerjaan K17 Pasangan batu tetap menjadi kegiatan berisiko tinggi karena memiliki TE, bobot, dan variansi besar, walaupun tidak berada pada lintasan kritis utama perkerasan.
- Pengendalian waktu harus difokuskan pada kegiatan perkerasan berbutir, perkerasan aspal, pekerjaan marka, serta kegiatan berbobot besar dengan variansi tinggi.

# 6. REKOMENDASI PENGENDALIAN

Pengendalian proyek perlu dilakukan melalui monitoring mingguan terhadap K8, K7, K12, K11, dan

K18. Pekerjaan tersebut harus diprioritaskan dalam alokasi alat berat, material, tenaga kerja, dan koordinasi lapangan. Pada saat deviasi mulai terlihat pada Kurva S, pelaksana perlu segera melakukan percepatan melalui penambahan sumber daya, penyesuaian metode kerja, atau percepatan pengadaan material.

Pekerjaan K17, K15, dan K16 tetap perlu dimonitor karena memiliki ketidakpastian durasi yang relatif tinggi. Kegiatan tersebut dapat berubah menjadi kritis apabila terjadi perubahan urutan pekerjaan, keterlambatan material, atau kendala lapangan pada struktur pendukung jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

Dahlan, A., Nainggolan, T. H., & Winanda, L. A. R. (2019). Evaluasi pengendalian waktu dan biaya menggunakan metode CPM dan fast track (Studi kasus proyek jembatan Syarif Tua Kabupaten Jembrana). Jurnal Sondir ITN Malang

Gido, J., & Clements, J. P. (2015). Successful project management. Cengage Learning.

Hidayat, R., Nugraha, A., & Santoso, D. (2020). Analisis PERT dan Kurva S pada proyek jalan. Jurnal Teknik Sipil, 12(2), 45-55.

Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). John Wiley & Sons.

Leach, L. P. (2016). Critical chain project management (3rd ed.). Artech House.

Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. (1959). Application of a technique for research and development program evaluation. Operations Research, 7(5), 646-669.

Meredith, J. R., Mantel, S. J., & Shafer, S. M. (2015). Project management: A managerial approach (9th ed.). John Wiley & Sons.

Nugroho, Y., & Santoso, B. (2019). Estimasi durasi kegiatan infrastruktur menggunakan kuesioner ahli. Jurnal Infrastruktur & Konstruksi, 7(1), 23-34.

Oberlender, G. D. (2014). Project management for engineering and construction (3rd ed.). McGraw-Hill Education.

Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.). Project Management Institute.

Soeharto, I. (1999). Manajemen proyek: Dari konseptual sampai operasional. Erlangga.

Syammaun, T. (2024). Optimalisasi waktu dan biaya dengan metode Precedence Diagram Method. Tameh, 8(1), 1-12. https://doi.org/10.37598/rb684r71

Wibowo, A. (2018). Manajemen proyek konstruksi. Andi.

Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). Manajemen konstruksi. Remaja Rosdakarya.