

IMPLEMENTASI *CRITICAL PATH METHOD* DAN *SIMULATED ANNEALING* DALAM OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK
(Studi Kasus: Pembangunan Suatu Gedung Kampus UPI Sumedang)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Matematika



Oleh
Aida Kusuma Wardah
2109272

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025

LEMBAR HAK CIPTA

IMPLEMENTASI *CRITICAL PATH METHOD* DAN *SIMULATED ANNEALING* DALAM OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK
(Studi Kasus: Pembangunan Suatu Gedung Kampus UPI Sumedang)

Oleh:

Aida Kusuma Wardah

NIM 2109272

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika
pada Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan
Alam

© Aida Kusuma Wardah 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Sketsa ini Tidak Boleh Diperbanyak Seluruhnya atau Sebagian dengan Diketuk
Ulang, Difotokopi, atau Cara Lainnya Tanpa Izin Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

Aida Kusuma Wardah

IMPLEMENTASI *CRITICAL PATH METHOD* DAN *SIMULATED ANNEALING* DALAM OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK
(Studi Kasus: Pembangunan Suatu Gedung Kampus UPI Sumedang)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

Pembimbing II,

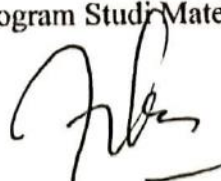


Dr. Sumanang Muhtar Gozali, M.Si.

NIP. 197411242005011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Penjadwalan proyek konstruksi bangunan merupakan komponen penting dalam manajemen proyek yang berpengaruh terhadap durasi dan efisiensi penggunaan sumber daya. Penelitian ini menyajikan pendekatan optimasi penjadwalan proyek pembangunan suatu gedung Kampus Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) di Sumedang dengan mengombinasikan metode *Critical Path Method* (CPM) dan algoritma *Simulated Annealing* (SA). Model yang dikembangkan bertujuan untuk meminimalkan durasi total proyek (*makespan*) tanpa melanggar ketergantungan antar aktivitas (*predecessor*) maupun batasan kapasitas sumber daya manusia yang tersedia. CPM digunakan untuk menghitung waktu mulai dan selesai aktivitas serta mengidentifikasi jalur kritis berdasarkan nilai *slack*, yaitu waktu toleransi keterlambatan suatu aktivitas tanpa mengubah durasi proyek. Aktivitas dengan *slack* nol berada di jalur kritis. Jalur kritis merupakan rangkaian aktivitas yang menentukan durasi minimum proyek secara keseluruhan, sehingga keterlambatan pada jalur ini akan langsung berdampak pada keterlambatan proyek. Hasil jalur kritis ini kemudian dijadikan dasar untuk pembangkitan solusi tetangga dalam algoritma SA. Proses optimasi dilakukan dengan memodifikasi jadwal aktivitas non-kritis menggunakan strategi eksplorasi solusi SA, yang mempertimbangkan ketergantungan antar aktivitas dan ketersediaan sumber daya manusia. Model diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan data proyek aktual, meliputi durasi, ketergantungan, serta kebutuhan dan kapasitas sumber daya manusia. Hasil implementasi menunjukkan bahwa kombinasi metode CPM dan SA menghasilkan jadwal akhir dengan *makespan* sebesar 22 minggu, lebih singkat dibandingkan jadwal awal 23 minggu. Penurunan waktu sebesar 4,35% ini menunjukkan efektivitas model dalam mengoptimalkan penjadwalan proyek secara realistis dan efisien.

Kata kunci: Penjadwalan proyek, *Critical Path Method*, *Simulated Annealing*, Jalur Kritis, Optimasi, Proyek Konstruksi

ABSTRACT

Construction project scheduling is a critical component of project management, significantly influencing both the project duration and the efficiency of resource utilization. This research presents an optimization approach for scheduling of the construction of a building at Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) in Sumedang by combining the Critical Path Method (CPM) with the Simulated Annealing (SA) algorithm. The proposed model aims to minimize the total project duration (makespan) while ensuring that activity dependencies (predecessors) and human resource capacity constraints are not violated. In addition, CPM is used to determine activity start and finish times and identify the critical path based on slack, which is the allowable delay without affecting the project duration. Activities with zero slack lie on the critical path. The critical path is a sequence of activities that determines the minimum duration of the entire project, so any delay on this path will directly impact the overall project delay. This critical path serves as the basis for generating the neighborhood solution for the SA algorithm. The optimization process then modifies the schedule of non-critical activities through the SA solution exploration strategy, which accounts for both activity dependencies and the availability of human resources. The model is implemented in Python programming language, using real project data including activity durations, dependencies, and human resource demands and capacities. The results indicate that the combination of CPM and SA produces a final schedule with a makespan of 22 weeks, which is shorter than the initial schedule of 23 weeks. This 4.35% reduction in duration demonstrates the model's effectiveness in optimizing project scheduling in a realistic and efficient manner.

Keywords: Project scheduling, Critical Path Method, Simulated Annealing, Critical Path, Optimization, Construction Project

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Perencanaan dan Penjadwalan Proyek	6
2.2 <i>Resource Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP)</i>	7
2.3 <i>Critical Path Method (CPM)</i>	8
2.3.1 Perhitungan Maju	9
2.3.2 Perhitungan Mundur	10
2.3.3 Nilai <i>Slack</i> atau <i>Float</i>	11
2.4 <i>Simulated Annealing (SA)</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Deskripsi Masalah	14
3.2 Pengumpulan Data	15
3.3 Model Optimasi	16
3.4 Penyelesaian Model	19
3.4.1 <i>Critical Path Method (CPM)</i>	19

3.4.2	<i>Simulated Annealing</i> (SA).....	23
3.5	Contoh Kasus dan Penyelesaian.....	27
3.5.1	Data	28
3.5.2	<i>Critical Path Method</i> (CPM)	28
3.5.3	<i>Simulated Annealing</i> (SA).....	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Data Penelitian	37
4.1.1	Data Jenis Pekerjaan dan Durasi	37
4.1.2	Data Kebutuhan Sumber Daya.....	39
4.1.3	Data Ketergantungan Antar Pekerjaan.....	44
4.2	Penyelesaian Penjadwalan Proyek	46
4.2.1	<i>Critical Path Method</i> (CPM)	46
4.2.2	<i>Simulated Annealing</i> (SA).....	53
4.3	Analisis Parameter <i>Simulated Annealing</i>	61
4.4	Pembahasan Hasil	62
4.5	Validasi Program.....	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan CPM.....	9
Gambar 3.1 Contoh Diagram Sederhana	20
Gambar 4.1 Data Aktivitas pada Program Python	47
Gambar 4.2 Perhitungan <i>Forward Pass</i>	48
Gambar 4.3 Hasil Perhitungan <i>Forward Pass</i>	49
Gambar 4.4 Perhitungan <i>Backward Pass</i>	50
Gambar 4.5 Hasil Perhitungan <i>Backward Pass</i>	50
Gambar 4.6 Perhitungan <i>Slack</i>	51
Gambar 4.7 Hasil Jalur Kritis	51
Gambar 4.8 Hasil Perhitungan CPM.....	52
Gambar 4.9 Inisialisasi Parameter <i>Simulated Annealing</i>	54
Gambar 4.10 Perhitungan Inisialisasi Nilai Awal.....	55
Gambar 4.11 Perhitungan Solusi Tetangga.....	56
Gambar 4.12 Perhitungan Perubahan Biaya	57
Gambar 4.13 Perhitungan Probabilitas	58
Gambar 4.14 Perhitungan Proses Pendinginan	58
Gambar 4.15 Perhitungan Perhentian Algoritma	58
Gambar 4.16 Hasil Penjadwalan	59
Gambar 4.17 Hasil Perhitungan Validasi pada Program Python	64
Gambar 4.18 Hasil Perhitungan CPM sebagai Validasi	65
Gambar 4.19 Validasi Kendala	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Istilah Elemen Annealing dalam Optimisasi.....	12
Tabel 3.1 Contoh Data Penjadwalan Proyek Konstruksi	28
Tabel 3.2 Penjadwalan Proyek berdasarkan Metode CPM.....	31
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan <i>Total Float (tf)</i> pada Jadwal Proyek	31
Tabel 3.4 Parameter Input dan Rentang Nilai pada SA	32
Tabel 3.5 Jadwal Proyek Sebagai Solusi Awal.....	33
Tabel 3.6 Relasi Aktivitas berdasarkan <i>Predecessor</i>	33
Tabel 3.7 Contoh Solusi Tetangga Awal dengan Pelanggaran Kendala.....	34
Tabel 3.8 Solusi Tetangga yang Memenuhi Kendala	34
Tabel 4.1 Data Jenis Pekerjaan	38
Tabel 4.2 Kategori dan Rincian Tenaga Kerja.....	40
Tabel 4.3 Batas Sumber Daya Tiap Kategori.....	41
Tabel 4.4 Rincian Tenaga Kerja yang Dibutuhkan.....	43
Tabel 4.5 Data Aktivitas dan <i>Predecessor</i>	45
Tabel 4.6 Hasil Penjadwalan dalam Format <i>Gantt Chart</i>	60
Tabel 4.7 Analisis Parameter <i>Simulated Annealing</i>	61
Tabel 4.8 Jadwal Awal Pembangunan Gedung Kampus UPI Sumedang.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Python	72
Lampiran 2 Data Penjadwalan Proyek	93
Lampiran 3 Data Sumber Daya Manusia	93
Lampiran 4 Hasil Alokasi Sumber Daya Manusia Kode 1 sampai 18.....	95
Lampiran 5 Hasil Alokasi Sumber Daya Manusia Kode 19 sampai 37.....	95

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, S. C., Wasono, W., & A'yun, Q. Q. (2023). Optimalisasi biaya dan waktu pelaksanaan pembangunan rumah tinggal di Kecamatan Rantau Pulung Kutai Timur menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). *Basis : Jurnal Ilmiah Matematika* 2(1), 11-24.
- Arifudin, R. (2012). Optimasi penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya menggunakan kombinasi CPM dan algoritma genetika. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 2(4), 1-14.
- Aristyono, D., Hakim, A., Fathurohman, & Oganda, D. (2021). Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Kombinasi *Critical Path Method* dan Algoritma Genetika (Studi Kasus: PT. Hervindo Inti Nusantara). *Industrial Engineering Student Scientific Journal*, 2(2).
- Blazewicz, J., Lenstra, J., & Kan, A. R. (1983). Scheduling subject to resource constraints: Classification and complexity. *Discrete applied mathematics*, 5(1), 11-24.
- Dowsland, K., & Thompson, J. (2012). *Simulated Annealing. Handbook of*, 1623–1655
- El-Abbasy, M. S., Elazouni, A., & Zayed, T. (2016). MOSCOPEA: *Multi-objective construction scheduling optimization using elitist non-dominated sorting genetic algorithm. Automation in Construction*, 71(2), 153-170.
- Fachrurrazi, F., Abdullah, A., Away, Y., & Aulia, T. (2018). *Negative Total Float to Improve a Multi-Objective Integer Non-Linear Programming for Project Scheduling Compression. International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(6), 5292-5302
- Forsberg, K. (1996). *Visualizing Project Management*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gemmil, D., & Tsai, Y. (1997). *Using a simulated annealing algorithm to schedule activities of resource-constrained projects. Project Management Journal*, 28, 8-20.

- Hartmann, S., & Briskorn, D. (2010). *A Survey of Variants and Extensions of the Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. *European Journal of Operational Research*, 207(1), 1-14
- Hidayati, R., Guntoro, I., & Junianti, S. (2019). Penggunaan metode *simulated annealing* untuk penyelesaian *travelling salesman problem*. *Journal of Computer Engineering System and Science*, 4(2), 217–221.
- Ismael, I. (2013). Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya. *Jurnal Momentum*, 14(1).
- Jin, Q., Ni, L.-l., & Shi, F. (2012). *Combined simulated annealing algorithm for the discrete facility location problem*. *The Scientific World Journal*, 2012, Article ID 576392.
- Kirkpatrick, S., Gellat, C. D., dan Vecchi, M. P. (1983). *Optimization by Simulated Annealing*. *American Association for the Advancement of Science*, 220(4598), 671-680.
- Kolisch, R., & Hartmann, S. (1999). *Heuristic algorithms for the resource-constrained project scheduling problem: Classification and computational analysis*. In J. Węglarz (Ed.), *Project scheduling: Recent models, algorithms and applications* (pp. 147–178). Boston, MA: Springer US.
- Lawrence, J. A., & Pasternack, B. A. (2001). *Applied Management Science: Modeling, Spreadsheet Analysis, and Communication for Decision Making*. USA: John Wiley & Sons.
- Maley, C. H. (2012). *Project management: Concepts, methods, and techniques*. New York, NY: CRC Press.
- Metropolis, N., Rosenbluth, A. W., Rosenbluth, M. N., Teller, A. H., & Teller, E. (1953). Equation of state calculations by fast computing machines. *The Journal of Chemical Physics*, 21(6), 1087–1092.
- Muhaddad, R. A. (2014). Pengembangan Algoritma Simulated Annealing untuk Penyelesaian Permasalahan Alokasi pada Closed Loop Supply Chain (CLSC). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Nalhadi, A., & Suntana, N. (2017). Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode *Critical Path Method* (CPM). *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 1(1), 35-42.

- Nasiri M., Taghavi Sadat L., Minaee, B., *Numeric Multi-Objective Rule Mining Using Simulated Annealing Algorithm, International Journal of Applied Operational Research* Vol. 1, No. 2, pp. 37-48, 2010.
- Panggabean, H. P. (2004). Algoritma Simulated Annealing untuk Pembentukan Sel Mesin dengan Dua Tipe Fungsi Objektif dan Dua Cara Pembatasan Sel. *Jurnal Teknik Industri*, 6(1), 10-24.
- Prabowo, H. (2020). Optimalisasi project management pada PT. Cipta Ekatama Nusantara menggunakan metode CPM/PERT dalam pembangunan Perumahan Cendana Sawangan Regency.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Rahayu, N., & Mawardi, E. (2024). Analisa Penjadwalan Proyek Kontruksi Menggunakan Metode CPM Dan Kurva S (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Olah Raga Pemerintah Kabupaten Aceh Barat). Universitas Teuku Umar.
- Rahmawati, N., & Santosa, B. (2017). Penerapan algoritma *hybrid cross entropy-genetic algorithm dalam penyelesaian resource-constrained project scheduling problem. Prosiding SENIATI*, 3(2), C37-1.
- Reksohadiprodjo, S. (1997). *Manajemen Proyek* (Edisi ke-4). Yogyakarta: BPFE.
- Silitonga, A., & Apdillah, D. (2017). Penjadwalan Perkuliahan Dengan Metode Vertex Graph Coloring Dan Simulated Annealing. *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering*, 1(2), 56-63
- Soeharto, I, 1995, "*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*", Erlangga Jakarta.
- Soeharto, I, 1997, "*Manajemen Proyek*", Erlangga Jakarta.
- Talbot, F. (1982). *Resource-constrained project scheduling with time-resource tradeoffs: The nonpreemptive case. Management science*, 28(10).
- Vanchouke, M., & Coelho, J. (2018). *A tool to test and validate algorithms for the resource-constrained project scheduling problem. Computers & Industrial Engineering*, 118, 251-265.

Zhang, H., Li, H., & Tam, C. (2006). *Particle swarm optimization for resource-constrained project scheduling. International Journal of Project Management*, 24(1), 83-92.