

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penjadwalan proyek dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* (SA) yang dikombinasikan dengan *Critical Path Method* (CPM), diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model optimasi menggunakan pendekatan *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSPP) mempunyai tujuan meminimalkan waktu penyelesaian proyek (*makespan*) serta memaksimalkan efisiensi penggunaan tenaga kerja. Diasumsikan jumlah tenaga kerja tetap sepanjang proyek. Aktivitas proyek dinyatakan sebagai himpunan $A = \{0, 1, 2, \dots, n + 1\}$, dengan aktivitas *dummy* di awal dan akhir. Setiap aktivitas memiliki durasi, kebutuhan tenaga kerja (r_{ik}), serta ketergantungan logis yang dinyatakan dalam parameter M_{ij} . Penjadwalan dilakukan dengan menentukan waktu mulai dan selesai tiap aktivitas ($t_{mulai,i}$, $t_{selesai,i}$), dan variabel biner $x_{i,t}$ menunjukkan apakah aktivitas i aktif pada waktu t . Penggunaan sumber daya dibatasi oleh kapasitas (R_k), dan semua kendala teknis harus dipenuhi. Fungsi tujuan adalah meminimalkan waktu selesai aktivitas akhir (f_{n+1}). Model dibangun berdasarkan data proyek pembangunan gedung, mencakup durasi aktivitas, kebutuhan tenaga kerja, dan waktu pelaksanaan.
2. *Metode Critical Path Method* (CPM) digunakan sebagai langkah awal untuk menghitung waktu mulai dan selesai aktivitas, menentukan *slack*, dan mengidentifikasi jalur kritis. Jalur kritis ini menjadi dasar untuk memahami aktivitas yang tidak boleh tertunda. Setelah itu, metode *Simulated Annealing* (SA) digunakan untuk mengoptimalkan penjadwalan, khususnya aktivitas non-kritis, dengan cara mengacak waktu mulai aktivitas dan mencari kombinasi jadwal yang menghasilkan durasi proyek lebih singkat. Proses SA dikendalikan oleh parameter suhu awal, suhu akhir, dan laju penurunan suhu (misalnya suhu awal 100, akhir 0,01, dan faktor reduksi 0,9). Suhu awal mengatur fleksibilitas pencarian solusi di awal, suhu akhir menjadi batas akhir iterasi, dan faktor reduksi suhu menentukan seberapa cepat algoritma menyempitkan ruang

pencariannya. Seiring suhu menurun, algoritma menjadi lebih selektif dalam menerima solusi, hingga akhirnya dipilih solusi terbaik yang memenuhi semua batasan (urutan dan sumber daya) sebagai jadwal akhir.

3. Implementasi dilakukan pada proyek Pembangunan suatu gedung kampus UPI di Sumedang. Dengan input berupa aktivitas, durasi, ketergantungan, dan data sumber daya tenaga kerja, model dijalankan menggunakan Python. Jadwal awal disusun berdasarkan jadwal aktual lalu mencari jalur kritisnya menggunakan CPM, kemudian dioptimalkan dengan SA. Hasilnya, jadwal akhir memiliki makespan selama 22 minggu, lebih cepat 1 minggu (4,35%) dibanding jadwal semula yang berdurasi 23 minggu. Optimalisasi dilakukan pada aktivitas non-kritis tanpa melanggar batasan ketergantungan dan kapasitas sumber daya. Misalnya, aktivitas A dimulai minggu ke-1 dan selesai di minggu ke-4, aktivitas X berlangsung dari minggu ke-10 hingga ke-22, dan aktivitas L serta M selesai di minggu ke-22. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi metode CPM dan SA mampu menghasilkan penjadwalan proyek yang lebih efisien, meskipun perbaikannya relatif kecil. Karena hasil optimasi hanya menunjukkan selisih satu minggu dari jadwal awal, maka dapat disimpulkan bahwa jadwal awal sudah cukup mendekati kondisi optimal, dan proses optimasi dilakukan sebagai upaya penyempurnaan dengan tetap mempertimbangkan seluruh batasan proyek. Rincian hasil penjadwalan disajikan pada Tabel 4.6, serta Lampiran 4 dan 5 yang memuat alokasi sumber daya manusia.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan serta kesimpulan yang diperoleh, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan maupun penerapan metode ini di masa mendatang.

1. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan ketidakpastian waktu mulai aktivitas dan ketersediaan sumber daya manusia, misalnya dengan pendekatan fuzzy, untuk menghasilkan jadwal yang lebih adaptif.
2. Untuk pengembangan riset lanjutan, metode ini dapat diperluas dengan mencoba mengombinasikan CPM dengan algoritma optimasi lain seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) atau *Ant Colony Optimization* (ACO).