UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI TIME-COST TRADE-OFF PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MENGGUNAKAN MIXED-INTEGER LINEAR PROGRAMMING DENGAN KOMBINASI MODE KERJA LEMBUR
Felix Kho, Dr. Ir. Angga Trisna Yudhistira, S.T., M.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Penyelesaian *Time-Cost Trade-Off Problem* (TCTP) pada literatur konstruksi nasional masih didominasi pendekatan heuristik *cost slope* dan metaheuristik, padahal kapabilitas *solver* pemrograman matematis telah meningkat pesat sehingga problem TCTP berskala menengah kini dapat diselesaikan secara eksak dengan jaminan optimum global. Sebagian kecil studi nasional yang menggunakan pemrograman linear umumnya membatasi formulasi pada durasi kontinu, relasi antaraktivitas *Finish-to-Start* tanpa tenggang, jumlah aktivitas yang sedikit, dan tanpa biaya tidak langsung dalam fungsi objektif. Pemodelan yang memperbolehkan kombinasi mode percepatan dalam satu aktivitas juga masih jarang dijumpai.

Penelitian ini menyusun model *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) untuk TCTP pada pekerjaan struktur atas gedung yang mengakomodasi empat mode kerja (normal dan lembur 1, 2, 3 jam sesuai PP Nomor 35 Tahun 2021) yang dapat dikombinasikan dalam satu aktivitas, relasi antaraktivitas dengan tenggang, serta biaya tidak langsung dalam fungsi objektif. Model diaplikasikan pada studi kasus pembangunan gedung tujuh lantai di Sleman dengan ruang lingkup 84 aktivitas, dan diselesaikan secara eksak menggunakan *solver* Gurobi.

Pada biaya tidak langsung acuan 8%, optimasi menghasilkan durasi proyek 85 hari (lebih cepat 6 hari dari kondisi normal) dengan lima aktivitas dialokasikan pada mode percepatan dan beberapa di antaranya menggunakan kombinasi lebih dari satu mode dalam satu aktivitas. Analisis sensitivitas pada rentang 1–15% mengidentifikasi tiga pola karakter lintasan *trade-off*, dengan durasi optimal stabil pada 85 hari di rentang literatur 4–12%. Perbandingan dengan formulasi yang lebih membatasi (*multi-mode* dan mode lembur tunggal) menunjukkan strategi kombinasi mode konsisten dominan di seluruh durasi *feasible*, sekaligus mengidentifikasi potensi jebakan lembah lokal pada formulasi mode lembur tunggal yang dapat dihindari melalui pendekatan eksak.

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap literatur konstruksi nasional dengan menerapkan pendekatan eksak berbasis MILP yang menjamin optimum global pada TCTP deterministik berskala menengah, melengkapi pendekatan heuristik dan metaheuristik yang selama ini mendominasi literatur, sekaligus menyediakan kerangka formulasi yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: *Time-Cost Trade-Off*, *Mixed-Integer Linear Programming*, kombinasi mode percepatan, optimasi jadwal konstruksi, biaya tidak langsung

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI TIME-COST TRADE-OFF PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MENGGUNAKAN MIXED-INTEGER LINEAR PROGRAMMING DENGAN KOMBINASI MODE KERJA LEMBUR
Felix Kho, Dr. Ir. Angga Trisna Yudhistira, S.T., M.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Research on Time-Cost Trade-Off Problem (TCTP) in the Indonesian construction literature remains dominated by heuristic cost slope and metaheuristic approaches, despite the rapid advancement of mathematical programming solver capabilities that now enable medium-scale TCTP problems to be solved exactly with global optimality guarantee. Existing Indonesian LP-based studies typically use continuous duration, Finish-to-Start relations without lag, few activities, and exclude indirect cost from the objective function. Models permitting combination of multiple acceleration modes within a single activity are also rare.

This study develops a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model for TCTP on building upper structural work, accommodating four working modes (normal and 1, 2, 3 hours of overtime per Government Regulation No. 35/2021) combinable within a single activity, precedence relations with lag, and indirect cost in the objective function. The model is applied to a seven-story building project in Sleman with 84 activities, solved exactly using Gurobi.

At 8% reference indirect cost, optimization yields an 85-day duration (6 days faster than normal), with five activities accelerated and several using combinations of multiple modes within a single activity. Sensitivity analysis over 1–15% identifies three trade-off curve patterns, with optimal duration stable at 85 days across the literature range of 4–12%. Comparison with more restrictive formulations (multi-mode and single overtime mode) shows the mode combination strategy dominates across all feasible durations, and reveals potential local optima entrapment in the single overtime mode formulation that is avoidable through the exact approach.

This research contributes to the Indonesia construction literature by applying an exact MILP approach with global optimality guarantee for medium-scale deterministic TCTP, complementing the heuristic and metaheuristic approaches that have dominated the literature, while providing a formulation framework for further development in future research.

Keywords: *Time-Cost Trade-Off, Mixed-Integer Linear Programming, mode combination acceleration, construction schedule optimization, indirect cost*