

## Trade-Off Biaya dan Waktu Proyek dalam Proyek Perumahan Doyo

Muhammad Zulfikar<sup>1</sup>, Asep Huddiankuwera<sup>2</sup>, Adri Raidyarto<sup>3</sup>, Iis Roin Widiati<sup>4</sup>, Mamik Wantoro<sup>5</sup>, Andung Yunianta<sup>6</sup>, Ardi Aziz Sila<sup>7</sup>

<sup>1</sup>*Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo*

<sup>2,3,4,5</sup>*Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua*

*ace.zulfikarmuhammad@gmail.com, asephuddiankuwera@gmail.com, adri.raidyarto@gmail.com, iis.widiati@gmail.com, mam\_wanto@yahoo.co.id, andung.ay@gmail.com*

### ABSTRAK

Proyek Pembangunan Perumahan Doyo di Doyo, Sentani, Kabupaten Jayapura, Papua mengalami keterlambatan pekerjaan. Deviasi keterlambatan pada minggu ke-20 mencapai 25.23%. Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis optimalisasi biaya dan waktu. Identifikasi faktor keterlambatan akan dilakukan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA). Hasil penelitian ini, terdapat 3 intermediate event utama sebagai faktor penyebab keterlambatan diantaranya oleh Owner, oleh Kontraktor dan oleh kondisi lingkungan dan sekitar dengan nilai probabilitas 0.712. Biaya penambahan tenaga kerja untuk mengatasi keterlambatan tersebut sebesar Rp. 61.797.075,00.

Kata kunci: Manajemen Proyek; Optimasi; Pemrograman Nonlinier.

### ABSTRACT

*The Doyo Housing Development Project in Doyo, Sentani, Jayapura Regency, Papua experienced a delay in work. The deviation of the delay in the 20th week reached 25.23%. The purpose of this study is to analyze the optimization of costs and time. Identification of delay factors will be carried out using the Fault Tree Analysis (FTA) method. The crashing activities carried out are in the form of additional working hours (overtime) or additional labor. The results of this study, there are 3 main intermediate events as factors causing delays including by the Owner, by the Contractor and by environmental and surrounding conditions with a probability value of 0.712. The cost of additional labor to overcome the delay is Rp. 61,797,075.00.*

*Keywords: Project management; Optimization; Nonlinear programming.*

## 1. PENDAHULUAN

Ada perkembangan signifikan dalam teknik analisis jaringan esensial terkait dengan tradeoff biaya proyek atau waktu proyek. Dalam pengembangan metode esensial ini, kami mengasumsikan bahwa waktu penyelesaian aktivitas dapat sering dipersingkat dengan biaya tambahan yang dikeluarkan untuk aktivitas tersebut. Waktu normal:- Durasi yang dibutuhkan oleh proyek tanpa adanya penundaan dalam aktivitas apapun. Proyek dalam keadaan normal tidak mengalami kecelakaan dari aktivitas apapun. Biaya crash: Biaya crash adalah biaya yang terjadi ketika proyek diselesaikan dengan mengurangi waktu proyek. Waktu crash merupakan prosedur untuk menentukan waktu proyek yang optimal adalah dengan menghitung waktu penyelesaian tradisional untuk setiap aktivitas jalur kritis dan waktu crash. Waktu crash merupakan durasi paling singkat di mana suatu aktivitas umumnya dapat selesai. Biaya langsung kemudian dihitung untuk waktu tradisional dan crash setiap aktivitas. Mengurangi durasi proyek sering kali dilakukan dengan menyesuaikan tumpang tindih antara aktivitas atau dengan mengurangi durasi aktivitas. Hal ini dapat menyebabkan kenaikan biaya langsung karena durasi aktivitas berkurang. Kasus sederhana terjadi dalam penggunaan kerja lembur. Dengan menjadwalkan pekerjaan akhir pekan atau malam, waktu penyelesaian aktivitas yang diukur dalam hari kalender akan lebih singkat. Namun, pembelian upah ekstra diperlukan untuk pekerjaan lembur, sehingga biayanya akan meningkat. Selain itu, pekerjaan lembur memiliki risiko yang lebih tinggi terhadap kecelakaan dan masalah kualitas yang harus diperbaiki, sehingga biaya dapat meningkat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Time Cost Trade Off (TCTO)

TCTO merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menguji semua pekerjaan dalam sebuah proyek secara sengaja, sistematis, dan analitis, dengan fokus terutama pada pekerjaan di jalur kritis (Ervianto, 2004). *Crashing program* bisa diterapkan pada kegiatan yang berada dalam lintasan kritis (Husen, 2009).

## 2.2 Fault Tree Analysis (FTA)

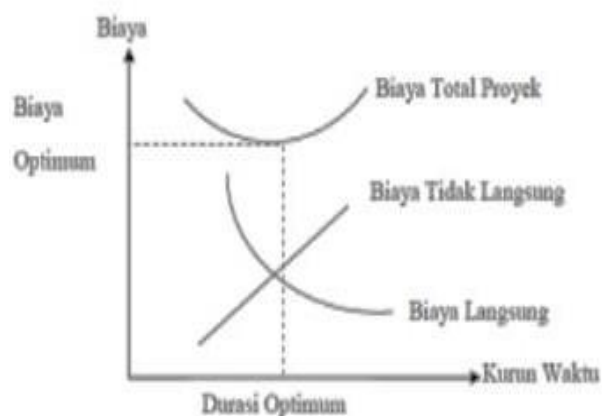
*Fault Tree Analysis* adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi segala kemungkinan penyebab kegagalan dalam sistem dan menentukan probabilitas terjadinya kegagalan (Rosyid, 2007).

Definisi dasar dalam FTA meliputi (Brown, 1976):

- *Event* merupakan kejadian yang terjadi dalam sebuah sistem.
- *Fault event* adalah suatu peristiwa di mana salah satu dari dua mode nya terjadi secara tidak normal, yang kemudian mengakibatkan kegagalan atau kesalahan.
- *Normal event* adalah event di mana kedua modusnya diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu tertentu.
- *Basic event* adalah suatu kejadian yang memiliki dua modus yang diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu yang sudah ditentukan.
- *Event primer* merupakan sebuah acara yang dipicu oleh karakteristik internal komponen tersebut.
- *Event sekunder* adalah kejadian yang dipicu oleh faktor eksternal.
- *Head event* adalah event yang terletak pada puncak fault tree yang sedang dianalisis, dan menyebabkan terjadinya kegagalan.

## 2.3 Hubungan Waktu dan Biaya

Biaya langsung dan tidak langsung suatu proyek dapat berubah sesuai dengan perkembangan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diprediksi dengan rumus yang pasti, namun dalam kebanyakan kasus, semakin cepat proyek berjalan, maka semakin rendah jumlah biaya tak langsung yang diperlukan. Hubungan antara biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung dapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung Dan Biaya Tidak Langsung.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan, serta metode TCTO untuk menganalisis percepatan pekerjaan melalui penambahan jam kerja dan tenaga kerja tambahan. Tahapan pelaksanaan metode FTA adalah sebagai berikut (Priyanta, 2000):

- Definisi masalah dan batasan kondisi sistem. Pada fase ini, pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan pengisian kuesioner. Pembangunan Fault Tree
- Mencari set pemotongan minimum dari analisis Fault Tree dengan menggunakan Aljabar Boolean dan MOCUS (Metode Pengambilan Set Pemotongan). Aljabar Boolean menggunakan notasi pada gerbang logika "atau" dan gerbang logika "dan", dimana gerbang logika "atau" menggunakan tanda (+) sedangkan gerbang logika "dan" menggunakan tanda (\*).
- Melakukan analisis kualitatif terhadap Fault Tree dengan mengidentifikasi faktor keterlambatan dan memberikan penjelasan deskriptif.
- Melakukan analisis kuantitatif Fault Tree dengan menggunakan teori reliabilitas. Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu komponen atau sistem berhasil berfungsi dalam waktu dan kondisi operasional yang spesifik. Keandalan memiliki nilai di antara 0 hingga 1, di mana nilai 0 menunjukkan kegagalan sistem dalam menjalankan fungsi dan nilai 1 menandakan bahwa sistem berfungsi secara sempurna.

Tahapan analisis TCTO dengan alternatif penambahan jam kerja sebagai berikut (Laksana, 2017):

1. Perhitungan Produktivitas Jam Normal  $\text{Produktivitas jam normal} = \text{volume} / \text{durasi}$
2. Perhitungan crashing  $\text{Crashing} = \text{volume} / ((\text{produktivitas jam normal} \times 8) + (1 \times \text{produktivitas jam normal}))$
3. Perhitungan durasi percepatan  $\text{Durasi percepatan (jam)} = \text{hari} - (\text{hari} - \text{crashing}) \times 8$
4. Produktivitas jam dipercepat  $\text{Produktivitas jam dipercepat} = (\text{volume}) / (\text{durasi dipercepat})$
5. Waktu lembur  $\text{Waktu lembur perhari} = (\text{produktivitas jam dipercepat} - \text{produktivitas jam normal}) / ((\text{produktivitas jam normal}) \times 8 \times \text{koef. Penurunan})$
6. Upah lembur  $\text{Upah lembur} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{tambahan jam lembur} \times \text{upah biaya lembur per jam}$
7. Biaya percepatan  $\text{Biaya percepatan} = \text{biaya normal} + \text{total upah lembur}$
8. Slope biaya  $\text{Slope biaya perhari} = ((\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya Normal})) / ((\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}))$
9. Slope biaya setelah crashing  $\text{Slope biaya setelah crashing} = \text{slope biaya perhari} \times \text{durasi percepatan (durasi dilihat tiap item pekerjaan)}$

Tahapan analisis TCTO dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah dan upah tenaga kerja normal  $\text{Jumlah tenaga kerja} = (\text{koef.tenaga kerja} \times \text{volume}) / (\text{durasi normal})$
2. Menghitung jumlah dan upah tenaga kerja dipercepat  $\text{Jumlah tenaga kerja} = (\text{koef.tenaga kerja} \times \text{volume}) / (\text{durasi dipercepat})$
3. Slope biaya akibat percepatan (crashing)  $\text{Slope biaya akibat crashing} = ((\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya Normal})) / ((\text{Waktu Normal} - \text{Waktu dipercepat})) \times \text{waktu dipercepat}$
4. Biaya Percepatan  $\text{Biaya percepatan} = \text{slope biaya} \times \text{durasi percepatan}$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

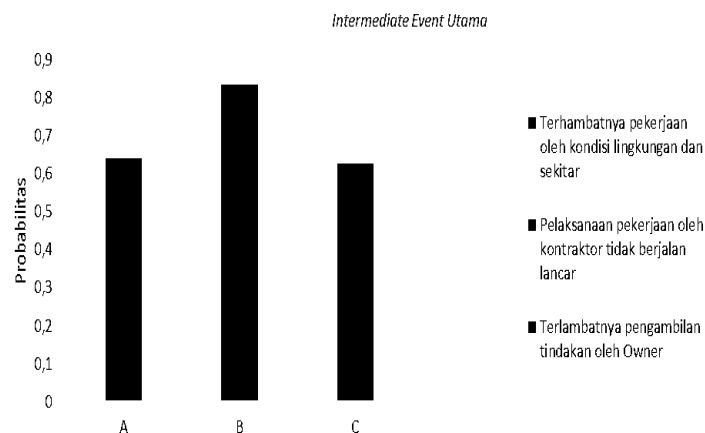
Penentuan faktor penyebab keterlambatan didasarkan pada hasil wawancara dengan tenaga ahli yang terlibat dalam pembangunan proyek. Setelah menentukan faktor-faktor penyebab keterlambatan, faktor-faktor tersebut kemudian diatur berdasarkan detail peristiwa Tabel 1. Dapat digunakan untuk membentuk fault tree dengan menggunakan simbol-simbol fault tree dan gerbang logika yang sesuai untuk memudahkan perhitungan minimal cut set.

Tabel 1. Detail Peristiwa sebagai faktor penyebab keterlambatan.

Nama Kejadian			
Terlambatnya pengambilan tindakan oleh owner			
Terlambatnya keputusan	owner	dalam	mengambil

Terlambatnya merevisi dan menyetujui perubahan desain
Terlambatnya menyetujui approval material
Adanya modifikasi pada kontrak
Penambahan atau pengurangan pekerjaan
Pelaksanaan pekerjaan oleh kontraktor tidak berjalan lancar
Kurang matangnya perencanaan dan pengontrolan oleh kontraktor
Kurangnya perencanaan kerja kontraktor
Tidak lengkapnya identifikasi permasalahan pada setiap pekerjaan
Rencana kerja yang tidak tersusun dengan baik
Penentuan durasi waktu yang tidak sesuai
Metode pelaksanaan pekerjaan yang tidak tepat
Action plan mingguan yang tidak berjalan
Kurangnya sistem pengontrolan
Kurangnya pengawasan dan kontrol terhadap pekerjaan
Kontrol target pekerjaan tidak sesuai dari rencana
kurangnya kontrol terhadap kualitas pekerjaan
Kurangnya kontrol terhadap desain dan perubahannya
kurangnya kontrol perhitungan material
Buruknya pengarahan kepada tenaga kerja
Perbedaan jadwal main kontraktor dengan vendor lain dalam penyelesaian pekerjaan
Monitoring dan evaluasi tidak berjalan
Sistem produksi tidak berjalan dengan baik
Terjadinya kesalahan pada desain
Kurang memadai dan jelasnya penjelasan gambar detail pada desain
Kurangnya komunikasi kontraktor dengan konsultan dan owner
Kesalahan pengarahan staf teknik dalam pekerjaan
Seringnya perubahan job description pada pelaksana di lapangan
Terhambatnya pekerjaan oleh kondisi lingkungan dan sekitarnya
Intensitas cuaca atau tingginya curah hujan/panas
Adanya permasalahan dengan warga sekitar

Ada tiga jenis kejadian antara, termasuk penundaan pemilik, penundaan kontraktor, dan penundaan lingkungan. Item kejadian dasar tersebut kemudian dapat dijadikan data kuesioner dengan menggunakan kriteria penilaian probabilistik. Dari hasil kuisisioner terlihat bahwa kejadian yang mendasari (underlying event) lebih mendominasi sebagai faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada setiap kejadian antara. Nilai probabilitas yang diperoleh dengan mengisi kuesioner selanjutnya digunakan untuk menghitung kombinasi Slicer untuk Gerbang OR (dengan rumus penjumlahan) dan Gerbang AND (dengan rumus perkalian). Perhitungan kombinasi cut set dilakukan untuk memperoleh nilai probabilitas setiap kejadian besar antara kejadian dan probabilitas seluruh kejadian penyebab tertundanya pembangunan proyek perumahan Doyo.



Gambar 2. Grafik perbandingan probabilitas minimal cut set dari tiap intermediate event utama.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa kasus pemilik terlambat mempunyai probabilitas sebesar 0,685 . Sedangkan kasus pekerjaan kontraktor tidak berjalan lancar mempunyai probabilitas tertinggi sebesar 0,875. Peluang pekerjaan terhambat oleh kondisi lingkungan dan sekitar adalah 0,635. Probabilitas bahwa peristiwa keseluruhan menyebabkan “keterlambatan pembangunan proyek pembangunan perumahan adalah 0,712.

Pemrograman linier dapat digunakan dalam manajemen konstruksi untuk memecahkan masalah optimalisasi penggunaan sumber daya, menentukan campuran produk yang paling ekonomis. Masalah transportasi dan rute. Manajer konstruksi merencanakan dan mengarahkan proyek konstruksi pada proyek kecil yang menjadi tanggung jawab mereka semua.

Tabel 2. Crash Cost Penambahan Tenaga Kerja

Uraian Pekerjaan	Durasi <i>Crashing (hari)</i>	Cost Akibat Crashing (Rp)	Biaya Percepatan (Rp)
Pekerjaan Pondasi	10	1,342,578	6,712,890
Kolom	10	1,245,657	6,228,285
Plat Lantai	6	579,000	1,158,000
Atap	20	3,179,860	47,697,900
<b>TOTAL</b>			<b>61,797,075</b>

## 5. KESIMPULAN

Penyebab keterlambatan pada proyek perumahan doy0 terdiri dari 3 Intermediate Event Utama, diantaranya yaitu terlambatnya pengambilan tindakan oleh Owner, pelaksanaan pekerjaan oleh Kontraktor tidak berjalan lancar dan terhambatnya pekerjaan oleh kondisi lingkungan dan sekitar. Nilai probabilitas dari keseluruhan peristiwa penyebab keterlambatan adalah 0.712. Optimasi pekerjaan Konstruksi Pembangunan Peumahan doyo menggunakan metode TCTO lebih efektif dan efisien dengan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dibandingkan dengan penambahan jam kerja. Hal ini dibuktikan dengan biaya percepatan untuk penambahan tenaga kerja sebesar Rp. 61.797.075,00.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, D.B, Systems Analysis & Design for Safety, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1976.  
Ervianto, Teori - Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi, Yogyakarta: Andi, 2004.  
Husen, A. Manajemen Proyek, Yogyakarta: Andi, 2009.  
Rosyid, M.D. “Pengantar Rekayasa Keandalan, Surabaya”: Airlangga University Press, 2007.  
Laksana, B.I. “Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Untuk Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Pekerjaan Proyek Pada Pembangunan Gedung Pengairan Universitas Brawijaya,” Universitas Brawijaya, Malang, 2017.  
Maranresy dkk, Sistem Pengendalian Waktu pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya dengan Menggunakan Metode Cpm. Manado: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 1. 2015.  
Messah,dkk. Pengendalian Waktu dan Biaya Pekerjaan Konstruksi Sebagai Dampak dari Perubahan Desain Studi Kasus Embung Irigasi Oenaem, Kecamatan Biboki Selatan, Kabupaten Timor Tengah Utara. Kupang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana- Kupang, Jurnal Teknik Sipil.

Vol. II No. 2. 2013.

Saputro, R. "Analisa Percepatan Dengan Metode Time ost Trade Off pada Proyek Pembangunan Hotel Ijen Pajajaran Malang," Institut Teknologi Nasional Malang, 2016.

Santosa, Budi. Manajemen Proyek Konsep Dan Implementasi. Surabaya: Graha Ilmu.2008

Satiawan, B. Memanfaatkan Primavera Project Planner Dalam Mengelola Proyek Konstruksi. Yogyakarta: Andi. 2013.