

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil penelitian (Destiane Aulia et al., 2024) “Perhitungan Percepatan Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium dan Perkuliahan UPN Veteran Jawa Timur” - Berdasarkan perhitungan percepatan menggunakan metode time-cost trade-off atau Time Cost Trade Off (TCTO) dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat ditarik. Durasi proyek optimal yang diperoleh dari analisis percepatan TCTO untuk pekerjaan struktur dari lantai 5 hingga atap adalah 160 hari kerja, dibandingkan dengan durasi normal 198 hari kerja. Hasil ini menunjukkan pengurangan waktu sebesar 38 hari kerja, yang mewakili peningkatan efisiensi sebesar 19,19%.

Berdasarkan hasil penelitian (Dean et al., 2024) “*Time Cost Trade Off Analysis* Untuk Pengoptimalan Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang Kec. Kembang Janggut Kab. Kutai Kertanegara” - Efisiensi alternatif terhadap waktu dan biaya optimal akibat penambahan jam kerja (lembur) optimum didapat pada umur proyek 140 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp 7.516.403.985,00 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 40 hari adalah (22,2 %) dan efisiensi penambahan biaya proyek sebesar Rp 26.709.375,38 adalah (0,36 %).

Berdasarkan hasil penelitian (Nurul Hidayah & Setyawan, 2024) “Optimasi Biaya dan waktu Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus : Proyek Spam Regional Wosusokas Segmen 4, Pipa Distribusi Utama Duwet - Mojolaban” - Optimalisasi melalui penambahan jam kerja dan tenaga kerja mengakibatkan peningkatan total biaya proyek dibandingkan dengan biaya awal. Setelah optimalisasi dengan penambahan 1 jam lembur, total biaya proyek menjadi Rp41.432.028.951,53. Dengan penambahan 2 jam lembur, total biaya meningkat menjadi Rp41.491.652.776,82. Optimalisasi lebih lanjut dengan 3 jam lembur menghasilkan total biaya Rp41.540.853.029,77, sedangkan penambahan 4 jam lembur meningkatkan total biaya proyek menjadi Rp41.581.546.496,88. Sementara itu, optimalisasi dengan penambahan 1 pekerja menghasilkan total biaya proyek Rp41.555.986.965,71, dan penambahan 2 pekerja menghasilkan total biaya Rp41.536.540.460,49.

Berdasarkan hasil penelitian (Doris Zhaputro et al., 2024) “Penerapan Metode *Time Cost Trade Off* unntuk Optimasi Biaya dan Waktu pada Pengaruh Redesign Struktur Bawah (Studi kasus: Proyek Pembangunan Klinik Utama Mata Jec Java Pasuruan Tahap 1” - Studi ini menggunakan studi kasus proyek pembangunan Gedung Klinik Mata Utama JEC Java Pasuruan, yang mengalami keterlambatan akibat kendala yang dihadapi selama pekerjaan pondasi. Untuk mengatasi keterlambatan tersebut, dilakukan analisis percepatan waktu. Metode *Time Cost Trade Off* diterapkan untuk mempersingkat durasi proyek guna mencapai periode pelaksanaan yang lebih menguntungkan dari segi waktu, biaya, dan potensi pendapatan. Penelitian ini menerapkan Program *crashing* dengan menambahkan jam kerja (lembur) sebagai strategi percepatan alternatif. Aktivitas *crashing* difokuskan pada jalur kritis yang diidentifikasi melalui analisis perencanaan jaringan menggunakan Microsoft Project 2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode Time Cost Trade Off dengan tambahan 4 jam lembur menghasilkan durasi proyek optimal 91 hari dan biaya proyek optimal sebesar Rp2.072.972.561.

Berdasarkan hasil penelitian (Hasil Karya Ilmiah et al., 2022) “Optimasi Percepatan Pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V Dengan Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off*” - Penelitian ini bertujuan untuk mempersingkat periode penyelesaian proyek dengan

mengalokasikan biaya tambahan optimal pada aktivitas yang durasinya dapat dikurangi melalui implementasi alternatif percepatan. Untuk mengatasi keterlambatan proyek, digunakan metode *Time Cost Trade Off (TCTO)*, yaitu pendekatan penjadwalan yang menyeimbangkan pengurangan waktu dengan peningkatan biaya. Metode ini diterapkan pada proyek perbaikan kapal KM Fajar Bahari V, dengan strategi percepatan yang dilakukan dengan menambah jam kerja dan tenaga kerja. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan metode *Time Cost Trade Off* berhasil mengurangi durasi proyek sebanyak 6 hari, dari yang semula direncanakan 20 hari menjadi 14 hari. Percepatan ini mencapai efisiensi waktu sebesar 30% dengan biaya tambahan hanya 0,58%, setara dengan Rp9.150.000,00.

Berdasarkan hasil penelitian (Arman et al., 2022) “Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan *Accident Root Cause Tracing Model (ARCTM)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)*” - Dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* maka dapat mengidentifikasi akar penyebab terjadinya kecelakaan antara lain : Faktor lingkungan, faktor alat dan fasilitas, faktor kesalahan manusia, dan faktor manajemen

Berdasarkan hasil penelitian (Al Fauzan et al., 2025) “Analisis Pengendalian Kualitas Produk *Drum Brake* Dengan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* Dan *Fault Tree Analysis (FTA)* Pada PT-XYZ” - Metode FTA berhasil mengidentifikasi akar penyebab utama defect pada produk *drum brake* di PT XYZ, khususnya defect *Brake Cable Ulir Sleg* yang paling dominan (67% dari total kerusakan). FTA menghasilkan pohon kesalahan yang memetakan hubungan antara faktor penyebab dan defect, sehingga memudahkan penentuan langkah koreksi yang tepat. Metode FTA digunakan sebagai pelengkap FMEA untuk menggali lebih dalam penyebab kegagalan hingga ke akarnya, dan memberikan solusi sistematis bagi pengendalian kualitas.

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan dengan mengacu hasil pada penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa metode *Time Cost Trade Off (TCTO)* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengendalikan durasi dan biaya. Tujuan dari *Time Cost Trade Off (TCTO)* mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan menyeimbangkan antara waktu pelaksanaan proyek dan biaya yang dikeluarkan.

Dari penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki beberapa perbedaan. Perbedaan pertama terletak pada proyek yang akan dijadikan objek penelitian dimana menggunakan proyek perumahan yang belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya. Selain itu perbedaan juga terdapat pada menggabungkan metode *Time Cost Trade Off (TCTO)* dan identifikasi akar penyebab dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* secara bersamaan.

2.2 Tinjauan Pustaka

Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan *Time Cost Trade-Off (TCTO)*, yang berlandaskan pada prinsip bahwa setiap penyesuaian durasi proyek akan berdampak langsung terhadap biaya yang dikeluarkan. Dalam penerapannya, beberapa strategi optimasi dipertimbangkan, seperti penambahan jam kerja melalui lembur serta peningkatan jumlah tenaga kerja. Metode TCTO menekankan pada evaluasi keterkaitan antara waktu pelaksanaan dan biaya proyek, sehingga memberikan peluang bagi pengelola proyek untuk menentukan strategi percepatan yang paling efektif dengan tetap mempertimbangkan efisiensi biaya agar penyelesaian proyek dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat.

2.2.1 Proyek dan Manajemen Proyek

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi membutuhkan pemanfaatan berbagai sumber daya (*resources*), termasuk

tenaga kerja (*man*), bahan bangunan (*material*), peralatan (*machine*), metode kerja (*method*), pendanaan (*money*), informasi (*information*), dan waktu (*time*). Selama pelaksanaan proyek, tiga elemen penting harus dikendalikan dengan baik: durasi, biaya, dan kualitas. Di antara ketiganya, kualitas konstruksi merupakan aspek vital yang harus dijaga sesuai dengan rencana dan standar yang telah ditetapkan. Namun, dalam implementasi sebenarnya, proyek sering menghadapi masalah seperti pembengkakan anggaran dan keterlambatan penyelesaian. Tantangan-tantangan ini mengurangi efisiensi dan efektivitas secara keseluruhan, yang pada gilirannya dapat mengurangi daya saing pengembang dan membatasi peluang mereka di pasar. (Mora & Moonseo, 2001)

2.2.2 Biaya Proyek

Biaya konstruksi merupakan seluruh pengeluaran yang diperlukan untuk melaksanakan suatu proyek. Kebijakan pembiayaan proyek umumnya dipengaruhi oleh kondisi keuangan perusahaan yang bersangkutan. Apabila kondisi keuangan perusahaan tidak sepenuhnya mampu mendukung pelaksanaan kegiatan proyek, maka terdapat beberapa alternatif yang dapat ditempuh. Alternatif tersebut antara lain dengan mengajukan pinjaman ke bank atau lembaga keuangan guna memenuhi kebutuhan pendanaan, yang dapat membantu kelancaran pelaksanaan proyek namun disertai kewajiban pembayaran bunga. Alternatif lainnya adalah dengan tidak menggunakan pinjaman, melainkan menerapkan sistem kredit dalam pengadaan barang atau jasa. Metode ini dapat menghindari beban bunga, namun biasanya harga yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan pembayaran tunai. Dalam perhitungan biaya proyek secara keseluruhan, terdapat beberapa komponen yang membentuk total biaya. Secara umum, struktur biaya konstruksi terbagi menjadi dua komponen utama, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

A. Biaya Langsung

1. Biaya Material
2. Biaya tenaga kerja atau upah
3. Biaya Peralatan atau Equipments

B. Biaya Tidak Langsung

1. Biaya *Overhead*

Biaya *overhead* dapat dibagi menjadi 2 kategori :

- a. *Overhead* proyek (dilapangan)
 - b. *Overhead* Kantor
2. Biaya Tak Terduga / contingencies / biaya yang tidak diperkirakan sebelumnya
 3. Laba / keuntungan / profit

Pengendalian biaya *overhead* yang efektif harus dianggap sebagai salah satu prioritas utama dalam manajemen proyek.

2.2.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan dapat didefinisikan sebagai proses mengalokasikan waktu yang tersedia untuk setiap aktivitas sehingga suatu proyek dapat diselesaikan dan mencapai hasil optimal dengan mempertimbangkan kendala yang ada. Seiring bertambahnya skala proyek, manajemen penjadwalan menjadi lebih kompleks karena jumlah dana yang terlibat lebih besar, permintaan dan penyediaan sumber daya yang lebih besar, keragaman aktivitas, dan durasi proyek yang lebih panjang. Oleh karena itu, untuk mengimplementasikan penjadwalan secara efektif, berbagai pendekatan teknis diterapkan, seperti *Critical Path Method* (CPM) dan *NON Critical Path Method* (CPM)

2.2.3.1 Critical Path Method (CPM)

Critical path method (CPM) adalah sebuah metode dalam manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur, dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

1. *Arrow Diagram (Activity on Arrow / AoA)*

Merupakan bentuk visualisasi dalam metode *Critical Path Method* (CPM), di mana aktivitas digambarkan sebagai panah, dan simpul (*node*) menunjukkan titik awal dan akhir aktivitas.

2. *Time Scale Diagram*

Merupakan bentuk penjadwalan dalam skala waktu, biasanya berbentuk garis waktu horizontal (mirip *Gantt Chart*), yang menunjukkan awal dan akhir setiap aktivitas berdasarkan tanggal atau minggu.

3. *Precedence Diagram Method (PDM / Activity on Node / AoN)*

Jenis diagram CPM di mana aktivitas digambarkan sebagai *node* (kotak) dan hubungan ketergantungan digambarkan sebagai panah.

Jenis hubungan antar aktivitas:

- a. *Finish to Start* (FS)
- b. *Start to Start* (SS)
- c. *Finish to Finish* (FF)
- d. *Start to Finish* (SF)

Kelebihan:

1. Membantu menentukan aktivitas yang paling penting dan berdampak pada durasi total proyek.
2. Dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara akurat.
3. Menyediakan informasi untuk menentukan aktivitas mana yang dapat ditunda tanpa mengganggu proyek.
4. Diagram jaringan (*network diagram*) memudahkan pemahaman alur kerja proyek.

Kekurangan:

1. Bisa terlalu rumit untuk proyek dengan skala kecil atau sederhana.
2. Perubahan kecil dalam satu aktivitas bisa mempengaruhi keseluruhan jadwal.
3. Fokus utama hanya pada waktu, bukan pada alokasi sumber daya.

2.2.3.2 Non Critical Path Method (CPM)

Metode penjadwalan proyek yang tidak menggunakan pendekatan jalur kritis secara formal. Umumnya digunakan untuk proyek yang tidak kompleks atau lebih fokus pada komunikasi visual.

Contoh metode **Non Critical Path Method (CPM)** :

1. *Bar Chart / Gantt Chart*: Menampilkan aktivitas dan durasi dalam bentuk batang horizontal.
2. *Milestone Chart*: Menunjukkan titik-titik penting proyek (*milestone*) tanpa durasi rinci.
3. *Line of Balance (LOB)*: Cocok untuk produksi massal atau proyek berulang seperti pembangunan rumah.

Kelebihan:

1. Mudah dibuat dan dipahami, cocok untuk proyek kecil.
2. *Gantt Chart* memberikan visualisasi yang mudah dipahami oleh semua pemangku kepentingan.
3. Beberapa metode non-CPM lebih adaptif terhadap perubahan yang sering terjadi.

Kekurangan:

1. Sulit menentukan aktivitas yang paling berpengaruh terhadap durasi proyek.
2. Tidak cocok untuk proyek besar dengan banyak ketergantungan antar tugas.
3. Sulit mengukur dampak keterlambatan pada jadwal proyek secara keseluruhan.

Penelitian ini menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM / *Activity on Node* / AoN) Keuntungan dari penggunaan PDM ini ketika menyusun jadwal proyek adalah manajer proyek dapat dengan mudah menentukan waktu tunggu dan jeda dari berbagai aktivitas.

2.2.4 Analisa Pertukaran Biaya dan Waktu (*Time Cost Trade Off*)

Percepatan waktu penyelesaian proyek merupakan upaya untuk menyelesaikan suatu proyek lebih cepat dibandingkan dengan durasi normal yang telah direncanakan. Upaya percepatan ini dilakukan dengan mengurangi durasi pelaksanaan setiap aktivitas melalui penerapan program *crashing*. Durasi *crash* maksimum suatu aktivitas adalah waktu penyelesaian paling singkat yang secara teknis masih memungkinkan, dengan asumsi bahwa ketersediaan sumber daya tidak menjadi kendala. Durasi *crash* maksimum tersebut dibatasi oleh besarnya proyek atau ruang lingkup pekerjaan. Dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa faktor yang dapat dioptimalkan untuk mempercepat suatu aktivitas, yaitu penambahan tenaga kerja, pengaturan jam kerja lembur, pemanfaatan alat berat, serta perubahan metode pelaksanaan konstruksi di lapangan.

Waktu dan biaya merupakan dua aspek yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan atau kegagalan suatu proyek. Keberhasilan proyek umumnya diukur dari kemampuan menyelesaikan pekerjaan dalam waktu yang paling singkat dengan biaya serendah mungkin, tanpa mengabaikan mutu pekerjaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah metode *Time Cost Trade-Off*, yaitu metode yang menganalisis percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan konsekuensi peningkatan biaya pada aktivitas-aktivitas tertentu, sehingga dapat diperoleh kombinasi percepatan maksimum dengan tambahan biaya minimum.

Metode *Time Cost Trade-Off* (TCTO) merupakan pendekatan yang digunakan untuk mempercepat pelaksanaan proyek melalui pengujian secara sistematis terhadap seluruh aktivitas proyek, dengan penekanan pada aktivitas yang berada pada jalur kritis. Dalam penelitian ini, percepatan durasi proyek dibatasi pada penerapan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja sebagai alternatif percepatan.

Dalam hal ini ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat durasi total proyek, yaitu:

1. Penambahan jumlah jam kerja (Lembur)

Kerja lembur (*Working Overtime*) dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja pada hari tersebut. Dilakukan penambahan ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas item pekerjaan tersebut. Tetapi, hal yang perlu diperhatikan adalah lamanya jam lembur tersebut, dikarenakan apabila penambahan jam lembur terlalu lama akan mempengaruhi produktifitas kinerja pekerja tersebut.

2. Penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan bertujuan untuk menambah produktivitas tanpa mempengaruhi jam kerja. Penambahan tenaga kerja harus memperhatikan ruang lingkup pekerjaan tersebut, apabila ruang lingkup suatu pekerjaan tersebut terlalu ramai maka dapat mengganggu alur pekerjaan. Penambahan personel dalam sebuah kegiatan harus dilakukan tanpa mengganggu, penggunaan sumber daya manusia untuk kegiatan lain yang sedang dilakukan pada saat yang bersamaan Di samping itu perlu juga disertai dengan peningkatan Pengawasan diperlukan karena ruang kerja yang padat dan kurangnya pengawasan. Dampaknya adalah penurunan efisiensi kerja.

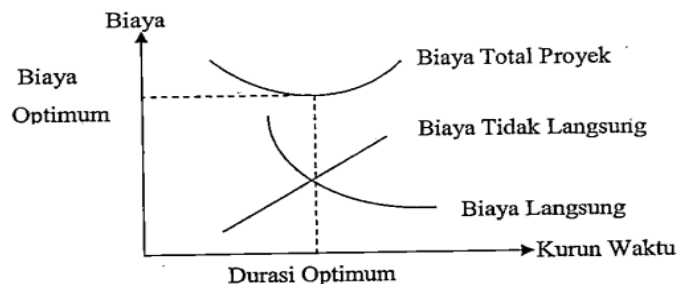
- **Kelebihan TCTO**

1. Analisis waktu dan biaya secara kuantitatif
TCTO mampu menunjukkan hubungan langsung antara pengurangan durasi proyek dengan tambahan biaya secara terukur melalui perhitungan *cost slope*.
2. Membantu menentukan durasi dan biaya optimal
Metode ini memungkinkan peneliti atau manajer proyek memilih alternatif percepatan yang paling efisien, bukan sekadar yang paling cepat.
3. Risiko lebih terkendali
Percepatan dilakukan tanpa mengubah urutan logis pekerjaan, sehingga risiko *rework* dan konflik pekerjaan relatif kecil.
4. Cocok untuk proyek yang sedang berjalan atau terlambat
TCTO dapat diterapkan ketika proyek sudah berjalan dan mengalami keterlambatan, seperti kasus proyekmu.

- **Kekurangan TCTO**

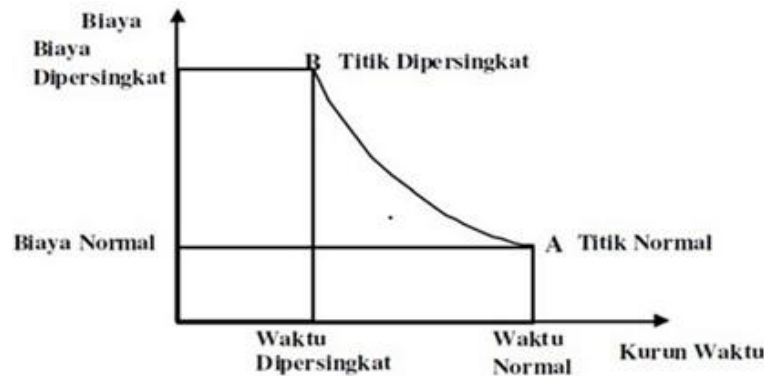
1. Membutuhkan data yang cukup detail
Seperti RAB, produktivitas tenaga kerja, *durasi normal* dan *crash*, sehingga pengumpulan data relatif lebih kompleks.
2. Fokus pada aktivitas lintasan kritis
Aktivitas non-kritis sering tidak dianalisis secara mendalam.
3. Tidak Secara langsung menganalisis risiko
TCTO hanya fokus pada waktu dan biaya, sehingga perlu metode tambahan (misalnya FTA) untuk menganalisis risiko.

Gambar dibawah ini menunjukkan hubungan biaya total, langsung biaya dan tidak langsung dengan optimal.



Gambar 2. 1 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung

Sumber : Soeharto, 1997



Gambar 2. 2 Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan
 Sumber : Soeharto, 1997

Dengan mengetahui bentuk kurva hubungan waktu–biaya pada suatu aktivitas, maka besarnya peningkatan biaya langsung untuk mempercepat aktivitas tersebut per satuan waktu, yang dikenal sebagai *cost slope*, dapat dihitung. Perhitungan *cost slope* tersebut dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{SLOPE BIAYA} = \frac{\text{BIAYA DIPERSINGKAT} - \text{BIAYA NORMAL}}{\text{WAKTU NORMAL} - \text{WAKTU DIPERSINGKAT}} \dots\dots\dots (2. 1)$$

Dengan kata lain pengertian dari *Cost Slope* (slope biaya) adalah pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu (Setiawan Budi Bagus, 2021)

2.2.5 Metode *Fast Track*

Metode *fast track* merupakan teknik penjadwalan yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek sehingga dapat diselesaikan lebih cepat dari durasi normal yang direncanakan. Percepatan ini dilakukan melalui penerapan strategi pelaksanaan yang inovatif serta pengaturan waktu kerja yang lebih efisien pada setiap aktivitas proyek. Dalam penerapannya secara konvensional, metode *fast track* dilaksanakan dengan cara menggabungkan atau menumpangtindihkan (*overlapping*) tahapan perencanaan dan konstruksi. Metode ini awalnya banyak diterapkan oleh konsultan manajemen proyek dan selanjutnya dikembangkan oleh para peneliti, khususnya pada proyek pembangunan rumah dengan skala menengah. Untuk mencapai percepatan waktu pelaksanaan, aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis dilaksanakan secara bersamaan atau saling tumpang tindih. Pelaksanaan aktivitas secara paralel tersebut berpengaruh langsung terhadap durasi proyek secara keseluruhan, sehingga waktu penyelesaian proyek dapat dipersingkat.

• **Kelebihan *Fast Track***

1. Percepatan waktu yang signifikan
Fast track memungkinkan beberapa pekerjaan dilakukan secara tumpang tindih (*overlapping*), sehingga durasi proyek dapat dipersingkat secara drastis.
2. Cocok untuk proyek dengan tekanan waktu tinggi
 Sangat efektif ketika proyek harus selesai dalam waktu yang sangat singkat.
3. Tidak selalu membutuhkan tambahan tenaga kerja besar
 Percepatan lebih menekankan pada strategi penjadwalan daripada penambahan sumber daya.

- **Kekurangan *Fast Track***

1. Risiko *rework* sangat tinggi
Karena pekerjaan dilakukan bersamaan, perubahan desain dapat menyebabkan pekerjaan ulang.
2. Pengendalian Biaya lebih sulit
Fast track tidak menghitung tambahan biaya secara detail seperti TCTO

2.2.6 Program *Microsoft Project*

Microsoft Project merupakan perangkat lunak berbasis *spreadsheet* yang digunakan untuk keperluan manajemen proyek, pengolahan data, serta penyajian grafik. Aktivitas manajemen pada dasarnya merupakan suatu proses yang mengubah berbagai masukan menjadi keluaran yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Masukan tersebut meliputi sumber daya manusia, material, dana, mesin atau peralatan, serta aktivitas pekerjaan. Seluruh masukan tersebut kemudian dikelola melalui suatu proses agar menghasilkan keluaran yang optimal sebagai dasar pengambilan keputusan. Proses ini menuntut adanya tahapan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian yang baik.

Beberapa metode manajemen proyek yang umum digunakan antara lain *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), dan diagram Gantt. Microsoft Project merupakan perangkat lunak yang mengintegrasikan ketiga metode tersebut dalam satu sistem. Selain berfungsi sebagai alat perencanaan, Microsoft Project juga membantu dalam penyusunan jadwal proyek maupun rangkaian aktivitas pekerjaan. Perangkat lunak ini memungkinkan pencatatan serta pemantauan penggunaan sumber daya, baik tenaga kerja maupun peralatan.

Tujuan penyusunan penjadwalan menggunakan Microsoft project antara lain :

1. Menentukan durasi pelaksanaan proyek secara keseluruhan.
2. Menghasilkan durasi proyek yang paling optimal.
3. Melakukan pengendalian terhadap jadwal pelaksanaan proyek.
4. Mengalokasikan sumber daya proyek secara efisien.

Komponen utama dalam penyusunan jadwal proyek adalah:

1. Daftar aktivitas pekerjaan, baik pekerjaan utama maupun rincian kegiatan.
2. Durasi pelaksanaan masing-masing aktivitas.
3. Hubungan ketergantungan antaraktivitas pekerjaan.
4. Sumber daya yang digunakan, meliputi tenaga kerja dan material.

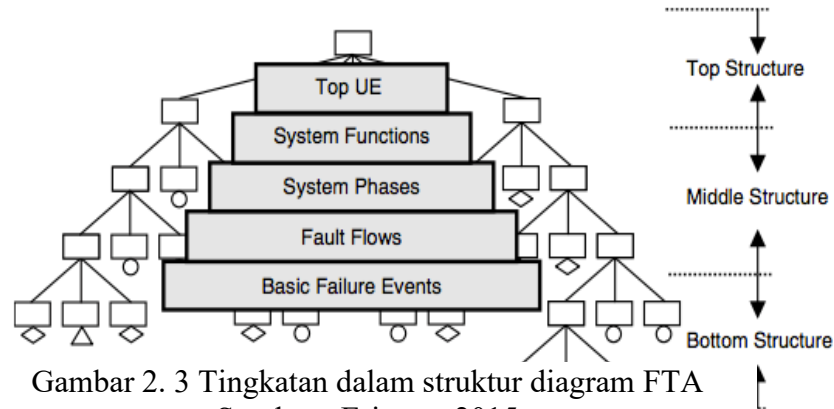
Fungsi Microsoft Project adalah:

1. Mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap bagian pekerjaan.
2. Mendata jam kerja tenaga kerja, termasuk jam kerja lembur.
3. Menghitung biaya yang berkaitan dengan upah tenaga kerja, mencatat biaya tetap, serta menghitung total biaya proyek.
4. Membantu mengendalikan penggunaan tenaga kerja pada berbagai aktivitas agar tidak terjadi *overallocation* atau kelebihan alokasi tenaga kerja.

2.2.7 Metode *Fault Tree Analysis*

Analisis Pohon Gangguan (FTA) dapat digunakan untuk menganalisis proses yang berisiko. Analisis Pohon Gangguan (FTA) adalah teknik analitis yang digunakan untuk menentukan penyebab dan kemungkinan terjadinya peristiwa yang tidak terduga. Diagram Analisis Pohon Gangguan (FTA) memberikan representasi grafis logis dari hubungan antara suatu masalah dan penyebabnya. (Kabir, 2017) mendefinisikan Analisis Pohon Gangguan (FTA) sebagai metode deduktif di mana analisis dimulai dari kegagalan sistem atau peristiwa

puncak, kemudian dilanjutkan secara sistematis dari atas ke bawah sebagai penyebabnya. Gambar 2.3 menggambarkan kekuatan diagram struktural Analisis Pohon Gangguan (FTA).



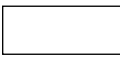




Gambar 2. 3 Tingkatan dalam struktur diagram FTA

Sumber : Ericson, 2015



Diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) tersusun atas sejumlah simpul yang saling terhubung membentuk struktur menyerupai pohon, di mana keterkaitan antar simpul tersebut digambarkan melalui simbol kejadian (*event symbols*) dan simbol gerbang logika (*logic gate symbols*). Setiap simbol memiliki makna dan fungsi tertentu sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Simbol - simbol *Fault Tree Analysis* (FTA)

Simbol	Deskripsi
Simbol Event	
	<i>Basic event</i> , yaitu kejadian yang tidak diinginkan yang menjadi penyebab dasar dan tidak dapat dikembangkan lebih lanjut.
	<i>Undeveloped event</i> , yaitu kejadian yang tidak dapat dianalisis lebih lanjut karena keterbatasan data atau informasi.
	<i>Intermediete event</i> , yaitu kejadian yang terjadi akibat kombinasi dari beberapa penyebab dasar.
	<i>Normal event</i> , yaitu kejadian yang tidak menunjukkan adanya kesalahan dan merupakan kondisi normal.
	<i>Conditioning event</i> , yaitu kejadian yang menggambarkan suatu kondisi tertentu yang terjadi pada keadaan spesifik.

Sumber: Kabir, 2017

Lanjutan Tabel 2.1.Simbol-simbol *Fault Tree Analysis* (FTA)

Simbol	Deskripsi
Simbol Logic Gate	
	<i>OR logic gate</i> , yang menunjukkan hubungan logis antara suatu kejadian keluaran dengan salah satu kejadian masukan.
	<i>AND logic gate</i> , yang menunjukkan hubungan logis antara suatu kejadian keluaran dengan seluruh kejadian masukan yang terlibat.

Sumber: Kabir, 2017

Tabel 2.1 mencantumkan beberapa simbol utama beserta prinsip logika yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis* (FTA) sebagai dasar dalam menyusun hubungan sebab–akibat antar kejadian. Simbol dan prinsip logis tersebut tidak hanya berfungsi sebagai elemen visual, tetapi juga menjadi aspek krusial yang perlu dipahami secara mendalam karena memungkinkan terbentuknya keterkaitan dan hubungan yang kuat antar peristiwa dalam suatu sistem. Melalui pemahaman yang tepat terhadap simbol dan logika FTA, proses identifikasi penyebab kegagalan dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Sejalan dengan hal tersebut, Djamal dan Azizi (2020) menyatakan bahwa koneksi atau interaksi antar kejadian dalam FTA memiliki peran penting dalam menggambarkan keterlibatan aktor atau faktor penyebab, sehingga analisis yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan akurat.

