

---

## ANALISA PENJADWALAN WAKTU DENGAN METODE JALUR KRITIS DAN PERT PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUKO (JL. PASAR LAMA NO.20, GLODOK)

---

Dino Caesaron<sup>1</sup>, Andrey Thio

E-mail: dcaesaron@bundamulia.ac.id<sup>1</sup>

---

### Penulis

**Dino Caesaron** adalah dosen tetap sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Industri Universitas Bunda Mulia. Menyelesaikan gelar Sarjana Teknik Industri dan Magister di Universitas Indonesia, Depok.

Bidang Peminatan : Perancangan sistem kerja dan Ergonomi, Manajemen Kualitas

---

### Abstract

Keterlambatan penyelesaian proyek merupakan masalah yang sering muncul dan berdampak pada keseluruhan pekerjaan proyek. Untuk mengantisipasi keterlambatan tersebut, maka dilakukan dengan beberapa alat pengendalian. Alat-alat yang digunakan adalah metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), *Crashing Project* dan Diagram Tulang Ikan. Metode Jalur Kritis dan PERT dilakukan untuk mendapatkan gambaran bagaimana jika proyek dilakukan pengendalian dengan kedua alat tersebut. *Crashing project* dilakukan untuk melihat besaran biaya jika kegiatan proyek mengalami keterlambatan serta dilakukan analisa faktor-faktor penyebab keterlambatan itu sendiri. Hasil dari Metode Jalur kritis dan PERT yaitu terdapat keterlambatan penyelesaian proyek. Hasil dari *Crashing Project* adalah berupa pertukaran waktu dan biaya serta terdapat faktor-faktor penyebab keterlambatan yang terdiri dari manusia, material, metode, mesin dan lingkungan. Penyelesaian proyek dengan Metode Jalur Kritis memakan waktu 196 hari kerja, penyelesaian dengan PERT juga diperoleh hasil yang sama yaitu 196 hari dengan probabilitas selesai sebesar 61%, serta probabilitas terselesaikan 99% jatuh pada hari ke-209. Pengolahan dengan *Crashing Project* terdapat pemangkasan durasi pekerjaan sebanyak 16 hari dengan peningkatan biaya sebesar Rp 20.260.000 , serta pengolahan dengan Diagram Tulang Ikan terdapat faktor penyebab keterlambatan terbesar adalah minimnya pengawasan dari pihak perusahaan.

---

### Keywords

Metode Jalur Kritis, PERT, *Crashing Project*, Diagram Tulang Ikan

## PENDAHULUAN

Pengelolaan pekerjaan konstruksi yang berkualitas merupakan impian setiap pelaksana proyek. Setiap proyek pada pekerjaan konstruksi akan berkualitas apabila dapat dilaksanakan sesuai dengan apa yang sudah direncanakan, artinya pekerjaan tersebut dapat direalisasikan dengan sempurna. Jika pekerjaan proyek konstruksi telah dapat dilakukan dengan sempurna, tentunya akan memiliki banyak keuntungan bagi perusahaan pelaksana dan pelanggannya. Namun pada realitanya pelaksanaan yang sempurna ini sangat sulit diwujudkan, penyebabnya adalah banyak terjadi hambatan dalam proses pelaksanaannya.

Hambatan dalam pelaksanaan proyek membuat dampak yang serius, artinya memiliki pengaruh besar dalam jalannya setiap proyek. Sebagai contoh hambatan yang sering terjadi pada pelaksanaan proyek adalah terlambatnya waktu penyelesaian proyek yang dapat menyebabkan masalah-masalah yang besar, seperti membengkaknyapengeluaran proyek jauh melebihi dana yang sudah dianggarkan, terdapat komplain dan kehilangan kepercayaan dari pelanggan, dan sampai pada kegagalan atau ketidakmampuan perusahaan pelaksana proyek untuk menyelesaikan proyeknya. Kegagalan tersebut tentu dapat mengancam keselamatan perusahaan pelaksana proyek dan akan membuat kerugian yang sangat besar, namun kegagalan tersebut dapat ditanggulangi lebih awal. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, diperlukan manajemen yang terstruktur dan terintergrasi dengan baik.

PT Artistika Graha Perdana merupakan sebuah perusahaan yang berdiri sejak tahun 1992 bergerak pada jasa pembangunan konstruksi bangunan, dimana perusahaan tersebut dalam melaksanakan proyeknya sering mengalami keterlambatan dalam proses penyelesaiannya. Data riwayat menyebutkan bahwa perusahaan tersebut sering mengalami keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaannya serta mengalami pembengkakan biaya dari dana yang dianggarkan. Tidak hanya pada masalah waktu saja, masalah kedua yang sering terjadi pada pekerjaan proyek konstruksi adalah masalah perencanaan biaya jika terjadi suatu kondisi diluar perencanaan serta kurangnya kesiapan dan pengawasan pada jalannya proyek yang juga dapat membuat pembengkakan biaya pengeluaran proyek.

Hal tersebut tentu menjadi masalah bagi setiap pelaksana proyek, sebab terlambatnya waktu penyelesaian dan membengkaknya biaya proyek dari dana yang merupakan masalah besar yang dapat mengancam perusahaan tersebut. Tetapi masalah tersebut dapat diselesaikan dengan melakukan studi dan melakukan pendekatan-pendekatan kepada setiap proses-proses pekerjaan sebuah proyek seperti pendekatan dengan metode jalur kritis (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Kedua metode ini merupakan alat-alat dari manajemen proyek yang digunakan untuk menganalisa waktu pekerjaan suatu proyek dan mengoptimalkannya.

Melihat kebutuhan diatas, maka penelitian ini ditujukan untuk membahas masalah-masalah pada proyek yang dibawahahi oleh PT. Artistika Graha Perdana, pada proyek pembangunan Ruko Jalan Pasar Lama No.20.

Berdasarkan permasalahan yang ada pada PT. Artistika Graha Perdana maka rumusan masalah disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana perencanaan proyek dengan menggunakan metode jalur kritis dan PERT?
2. Berapa biaya yang harus dikeluarkan bila perencanaan proyek meleset?
3. Apa saja faktor-faktor penyebab terlambatnya suatu pekerjaan proyek?

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Mengetahui waktu optimal pelaksanaan proyek pembangunan ruko Jalan Pasar Lama No.20 dengan menggunakan pendekatan metode jalur kritis dan PERT.
2. Mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan seandainya waktu penyelesaian proyek terlambat.
3. Mengetahui faktor penyebab terjadinya keterlambatan waktu penyelesaian suatu proyek.

Berdasarkan Tujuan yang telah dirumuskan maka adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Mendapatkan perencanaan proyek yang optimal dengan menggunakan metode jalur kritis dan PERT.
2. Mengurangi terjadinya kegagalan proyek dengan mengidentifikasi factor-faktor kegagalan proyek.

Melihat adanya keterbatasan dalam penelitian ini, maka penelitian ini dilakukan pada,

1. PT. Artistika Graha Perdana dengan proyek pembangunan Ruko pada Jalan Pasar Lama No.20 dan terbatas pada masalah kebijakan dari lingkup luar perusahaan.
2. Penelitian ini dilakukan pada awal Januari sampai dengan akhir Maret 2015 dengan mengambil data primer dan sekunder.

Manajemen proyek adalah suatu disiplin ilmu yang dituangkan ke dalam serangkaian aktivitas yang mengakomodir seluruh sumber daya secara teknis, guna memenuhi tujuan dari proyek. Menurut Heryanto (2009), manajemen proyek didefinisikan sebagai ilmu dan seni berkaitan dengan memimpin dan mengakomodir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan teknik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan.

Dalam manajemen proyek terdapat dua teknik analisis yang dipergunakan pada perencanaan, penjadwalan dan pengawasan suatu proyek. Teknik pertama adalah Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*) yang dirintis oleh E.I. du Pont de Nemours Company sebagai terapan untuk proyek Konstruksi dan Mauchly Associates. Teknik kedua adalah PERT (*Project Evaluation and Riview Technique*) yang merupakan lanjutan dari teknik pertama yang dikembangkan oleh U.S. Navy untuk jadwal penelitian dan pengembangan program peluru Polaris.

Kedua teknik ini pada dasarnya sudah sama. Perbedaanya terletak pada sisi waktu, dimana Metode Jalur Kritis menafsir waktu dengan cara pasti, sedangkan PERT menafsir waktu dengan cara probabilitas. Kedua teknik ini nantinya akan di gabung dan dianalisis pada penelitian ini. Menurut Taha (2007) *CPM (Critical Path Method) and PERT (Program evaluation and Riview Technique) are network based methods designed to assist in the planning, scheduling, and control of project.* Artinya bahwa metode Jalur Kritis (CPM) dan PERT merupakan sebuah metode yang dirancang untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek. Menurut Herjanto (2011) CPM digunakan apabila taksiran waktu pengerjaan setiap kegiatan dapat diketahui dengan baik, dimana penyimpangan relative kecil atau dapat diabaikan. Sementara, PERT dipergunakan pada proyek yang taksiran waktu kegiatan-kegiatannya tidak bisa dipastikan, missal kegiatan tersebut belum pernah dilakukan atau memiliki variasi waktu yang besar. Sedangkan Menurut Krajewski (2007) *Although early version of PERT and CPM differed in their treatment of activity time estimates, today the differences between PERT and CPM are minor.* Artinya bahwa PERT dan CPM memiliki perbedaan pada fungsi estimasi waktu, tetapi pada saat ini

perbedaan tersebut adalah kecil. Menurut Krajewski (2010) *PERT/CPM network can be used to quantify risk associated with project timing. Often , the uncertainty associated with an activity can be reflected in the activity's time duration.* Artinya bahwa PERT dan metode jalur kritis (CPM) dapat digunakan dalam mengukur resiko yang terjadi dan dapat dilihat dari durasi waktunya. Dapat disimpulkan bahwa kedua metode yaitu metode Jalur Kritis (CPM) dan PERT dapat digunakan dalam menganalisa durasi waktu pada proyek. Meskipun keduanya memiliki perbedaan yang kecil, metode Jalur Kritis dan PERT tetap digunakan pada fungsi yang sama

a. Metode Jalur Kritis

Menurut Krajewski (2010) *a key advantage of network planning methods is the creation of schedule of project activities that will help manager achieve the objectives of the project. Manager can (1) estimate the completion time of a project by finding the critical path, (2) identify the start and finish time for each activity for a project schedule, and (3) calculate the amount of slack time for each activity.* Artinya bahwa dengan menggunakan metode perencanaan jaringan dapat membantu kita atau manajer proyek untuk mencapai tujuan proyek seperti memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mencari jalur kritis, mengidentifikasi awal dan akhir waktu setiap kegiatan untuk mencari jadwal proyek, dan menghitung jumlah waktu slack untuk setiap kegiatan. Berikut adalah komponen yang terdapat dalam metode Jalur Kritis :

- 1) ES (*earliest activity start time*)  
Waktu paling awal untuk memulai suatu pekerjaan.
- 2) EF (*earliest activity finish time*)
- 3) Waktu selesai paling awal dari suatu pekerjaan, EF kegiatan terdahulu = ES kegiatan berikutnya.
- 4) LS (*latest activity start time*)
- 5) Waktu paling lambat untuk diperbolehkan memulai suatu pekerjaan.
- 6) LF (*latest activity finish time*)
- 7) Waktu paling lambat untuk menyelesaikan suatu kegiatan tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- 8) T (*activity duration time*)  
Adalah kurun waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan (hari, minggu, bulan).
- 9) S (*activity slack*)  
Adalah waktu tenggang untuk memulai suatu pekerjaan atau waktu tenggang untuk menyelesaikan pekerjaan. Kegiatan yang memiliki *slack* bernilai enol (0), maka kegiatan tersebut dikategorikan sebagai kegiatan yang memiliki lintasan kritis (berada dalam jalur kritis).

Pada realisasi metode jalur kritis, terdapat teknik dalam penggunaannya, menurut Arifudin dalam Jurnalnya menyebutkan bahwa perhitungan jalur kritis mencakup dua tahap. Tahap pertama disebut perhitungan maju (*forward pass*), dimana perhitungan dimulai dari node “awal” dan bergerak ke node “akhir”. Di setiap node, sebuah angka dihitung yang mewakili waktu yang tercepat untuk suatu kejadian yang bersangkutan. Tahap kedua yang disebut perhitungan mundur (*backward pass*), memulai perhitungan dari node “akhir” dan bergerak ke node “awal”. Berikut adalah teknik menghitung metode jalur kritis:

- 1) Hitungan Maju (*Forward Pass*)

Hitungan maju dimulai pada titik mulai (*Start*) dan selesai pada titik akhir (*Finish*), dan memiliki komponen ES (waktu tercepat memulai suatu kegiatan) dan EF (waktu tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan). Berikut adalah aturan dalam hitungan maju :

- Kegiatan awal dimulai pada saat kegiatan terdahulu telah selesai (kecuali kegiatan paling awal)
- Waktu selesai paling awal sama dengan waktu mulai paling awal setelah di tambah lamanya kegiatan terdahulu
- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu yang bergabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

2) Hitungan Mundur (*Backward Pass*)

Hitungan mundur dimulai pada titik akhir (*Finish*) menuju titik awal (*Start*) yang berguna mengidentifikasi waktu paling lambat suatu pekerjaan, dan memiliki komponen berupa LF (waktu paling lambat selesainya kegiatan dan LS (waktu paling lambat untuk memulai pekerjaan). Berikut adalah aturan dalam menghitung waktu mundur :

- Waktu mulai paling akhir sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi durasi kegiatan tersebut.
- Bila suatu kegiatan terpecah menjadi dua kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang paling terkecil.

Setelah mendapatkan kedua hitung di atas, maka akan didapat nilai *Slack* dan *Float* yang merupakan sejumlah kelonggaran waktu pada sebuah jaringan kerja.

b. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Pada PERT, penekanan diarahkan kepada suatu kegiatan yang mendapatkan kurun waktu yang paling akurat. Menurut Krajewski (2010) *The Statistical analysis approach requires that activity times be stated in term of three reasonable times estimates (optimistic time, most likely time, and pessimistic time), with three estimates the project manager has enough information to estimate probability that an activity will be completed on schedule.* Artinya bahwa dalam melakukan perkiraan waktu proyek cukup menggunakan tiga waktu yang dirincikan sebagai berikut :

- 1) Prakiraan waktu paling optimis ( *a* )
- 2) Waktu Realistis ( *m* )
- 3) Waktu Pesimis ( *b* )

$$te = \text{expeted duration} = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Setelah perhitungan durasi optimal dilakukan, selanjutnya adalah menghitung varian yang dirincikan sebagai berikut :

$$V(Te) = s^2 = \sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

Setelah menghitung varian pada sebuah waktu kegiatan proyek, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas proyek. Menurut Krajewski (2010) *to develop the probability distribution for project completion time, we assume that the duration time of one activity does not depend on that of any other activity. This assumption enables us to estimate the mean and variance of the*

*probability distribution of the time duration of the entire project by summing the duration times and variance of the activities along the critical path.* Artinya bahwa untuk mengembangkan probabilitas sebuah proyek dapat diasumsikan dengan menjumlah semua durasi optimal serta varian pada jalur kritis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$TE = \sum (\text{Durasi normal pada kegiatan di jalur kritis})$$
$$\text{dan } V(TE) = \sigma^2 =$$

$\sum$ (varian dari aktivitas di jalur kritis)

Serta menganalisa kedalam distribusi normal seperti berikut ini :

$$z = \frac{T - TE}{\sqrt{(\sigma^2)}}$$

Menurut Suwoto (2013) dalam jurnalnya menyebutkan bahwa nilai dari z dalam tabel distribusi normal akan menunjukkan seberapa besar suatu proyek akan terselesaikan. Yang dapat dipetakan sebagai berikut ini :

c. *Crashing Project*

Setiap risiko memiliki potensi untuk timbul pada setiap proyek, sebab tidak ada sebuah proyek yang tidak memiliki risiko. Sebuah risiko dapat menyebabkan efek pada kelangsungan hidup proyek, tetapi potensi timbulnya risiko dapat diidentifikasi sebelum proyek tersebut dimulai. Dalam berbagai kasus bila sebuah risiko timbul dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian suatu proyek dan langkah yang diambil perusahaan dalam menangani risiko adalah dengan mempercepat suatu pekerjaan seperti dengan mengadakan jam kerja tambahan (lembur). Menurut Krajewski (2010) *the reality of the project management is that there are always cost-time trade offs. For example, a project can often be completed earlier than scheduled by hiring more workers or running extrashift. Such action could be advantageous if saving or additional revenues accrue from completing the project early.* Artinya bahwa dalam manajemen proyek selalu ada pertukaran biaya dan waktu, sebagai contoh untuk menyelesaikan waktu proyek yang lebih awal dari jadwal dapat dilakukan dengan menambah sejumlah tenaga kerja atau dengan menambah jam kerjanya. Menurut Almahdy (2008) bila menginginkan waktu penyelesaian lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber ini dapat berupa tenaga kerja, material, peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan sejumlah dana.

*Crashing Project* memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut :

1) Komponen waktu.

Terdapat dua komponen waktu, yaitu :

- Waktu Normal (*Normal time*), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- Waktu Akselerasi (*Crash Time*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Kedua waktu diatas dihubungkan pada rumus:

Total waktu akselerasi = waktu normal – waktu akselerasi

2) Komponen biaya.

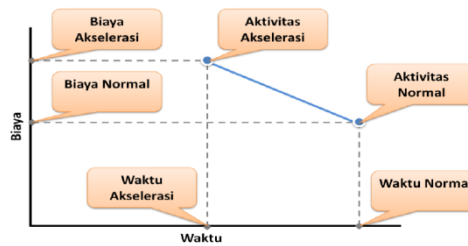
Dalam *Crashing Project* terdapat tiga komponen biaya, yaitu:

- Biaya Normal (*Normal Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi normal.

- Biaya Akselerasi (*Crash Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi/*Crash* (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas).
- Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi/*Crash* dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan dengan rumus:

$$\text{Biaya akselerasi per unit (slope)} = \frac{\text{Total biaya akselerasi}}{\text{Total waktu akselerasi}}$$

Komponen biaya dan waktu memiliki hubungan linear yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1 Hubungan waktu dan biaya pada *Crashing Project*.

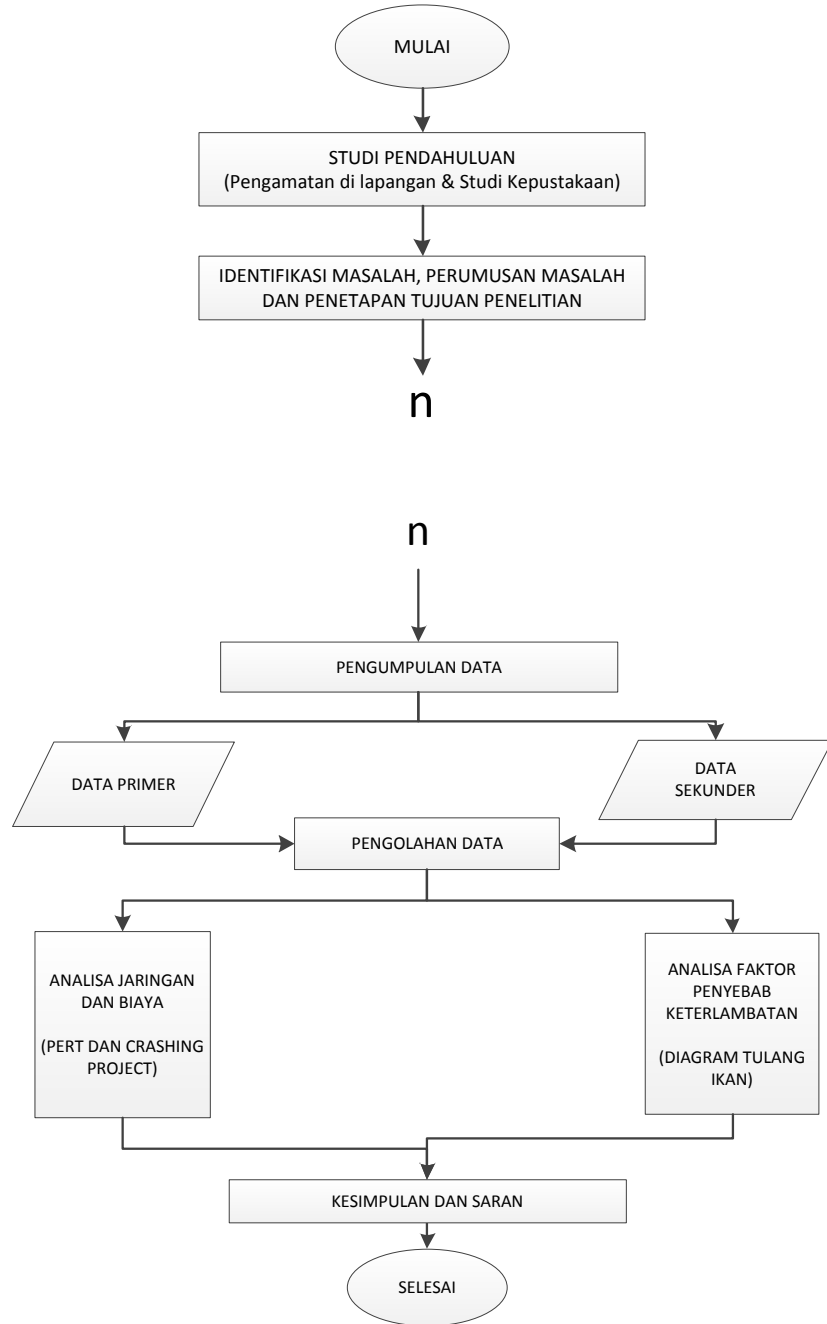
d. Diagram Tulang Ikan

Kegiatan analisa faktor-faktor penyebab keterlambatan ditujukan untuk menentukan tindakan pencegahan pada kegiatan selanjutnya. Pada sebuah proyek, kegiatan analisa faktor penyebab kegagalan sangat diperlukan demi mengurangi timbulnya kegagalan pada proyek selanjutnya. Kegiatan ini dilakukan dengan alat kualitas yaitu diagram tulang ikan.

Diagram Tulang Ikan merupakan diagram yang berbentuk seperti tulang ikan yang diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa yang memiliki fungsi membantu kita dalam mencari sebab akibat dari suatu permasalahan sampai pada akar-akarnya. Menurut Schwalbe (2009) *cause and effect diagram trace complaint about quality problem back to the responsible production operation. In other words, they help you find the root cause of problem. They are also known as fishbone ore Ishikawa diagrams.* Artinya bahwa Diagram Sebab Akibat atau dengan nama lain Diagram Tulang Ikan dan Diagram Ishikawa dapat membantu kita untuk mencari akar penyebab masalah pada sebuah operasi produksi. Menurut Tanjong (2013) dalam jurnalnya, Diagram Sebab-Akibat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor permasalahan yang berpengaruh secara signifikan terhadap *output* perusahaan. Diagram ini membantu perusahaan untuk mengetahui akar penyebab dari suatu permasalahan. Menurut Hargo (2013) Diagram Ishikawa merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasikan berbagai faktor permasalahan yang berpengaruh secara signifikan terhadap output perusahaan.

## METODE PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini disusun kedalam metodologi seperti berikut ini:



Gambar 2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui berbagai tahap, berikut adalah tahap-tahap penelitian ini :

- a. Studi pendahuluan dan (Tinjauan pustaka dan Observasi di lapangan)  
 Studi pendahuluan pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui tujuan dan menetapkan topik dari penelitian ini. Studi pendahuluan meliputi pengamatan di lapangan dan studi kepustakaan.
- b. Identifikasi masalah, perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian.



Hasil pengamatan di lapangan, kemudian diidentifikasi permasalahannya dan kemudian ditetapkan rumusan masalah dan tujuan penelitiannya.

c. Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini disesuaikan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian dengan mengambil data primer dan sekunder.

d. Pengolahan data

Data dibagi menjadi dua bagian, yang pertama diolah dengan menggunakan Metode PERT dan *Crashing Project* dan yang kedua diolah dengan menggunakan Diagram Tulang Ikan.

e. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan pada penelitian ini menjelaskan bagaimana cara menentukan jadwal proyek yang optimal, besar biaya bila terjadi keterlambatan dan mengidentifikasi faktor kegagalannya. Saran dalam penelitian ini berupa saran kepada perusahaan untuk dapat mengaplikasikan metode manajemen proyek dalam dunia konstruksi.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bahasan ini data diperoleh dari pengamatan dilapangan, wawancara dengan manager proyek dan rekaman pekerjaan proyek perusahaan. Pedoman dalam pengumpulan data didasarkan pada proses pengontrolan jadwal pekerjaan dan analisa faktor penyebab terlambatnya pekerjaan tersebut. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua aktifitas dapat dilaksanakan dan diselesaikan sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Adanya faktor-faktor penyebab keterlambatan penyelesaian pekerjaan membuat proyek tersebut tidak dapat diselasakan pada jadwal yang telah direncanakan.

- a. Deskripsi kegiatan
- b. Kegiatan pembangunan Ruko tiga lantai ini dibagi dalam beberapa kegiatan yang dirincikan sebagai berikut :

Tabel 1 Data kegiatan pembangunan Ruko tiga

No	Kode	Uraian pekerjaan	Durasi		Kegiatan terdahulu
			Perencanaan	Realita	
1		Pekerjaan Persiapan			
	A	Pekerjaan Bongkaran Struktur Lama	6	6	-
	B	Buangan Sisa Bongkaran	2	2	A
	C	Pembersihan Lokasi	6	6	B
	D	Demitory Pekerja	2	2	C
	E	Pengadaan Listrik Pekerja	2	2	C
	F	Pengadaan Patek Sumur, Jet Pam	6	6	B
	G	Pekerjaan Pengukuran	4	4	B
2		Pekerjaan Tananh dan Pondasi			
	H	Perataan Tanah Sisa Bongkaran	8	12	G
	I	Pekerjaan Galian Pondasi	10	12	D, E, F, H
	J	Pekerjaan Pondasi Tapak dan Sloof	24	24	I
	K	Pasangan Bata Ringan pondasi	24	24	I

3	Pekerjaan Struktur				
	L	Kolom Lantai 1	10	12	J & K
	M	Balok Lantai 2	12	14	L
	N	Cor Lantai 2	8	10	M
	O	Tangga Lantai 1 ke 2	6	8	N
	P	Kolom Lantai 2	10	10	N
	Q	Balok Lantai 3	12	14	O & P
	R	Cor Lantai 3	8	8	Q
	S	Tangga Lantai 2 ke 3	6	6	R
	T	Kolom Lantai 3	10	10	R
	U	Dak Atap	12	12	S & T
	V	Tangga Lantai 3 ke Dak atap	6	6	U
	W	Kolom Lantai Atap Tangga	4	5	U
	X	Balok Atap Tangga	4	5	U dan W
	Y	Cor Dak Atap dan Dak Atap Tangga	10	10	X
	Z	Waterprofing ex Sikka	6	7	Y
	Z1	Pasangan bata ringan kolom	72	72	J
4	Pekerjaan Arsitektural				
	ZA	Pemasangan Keramik Lantai 3	6	7	Z
	ZB	Pemasangan Keramik Lantai 2	6	6	ZA
	ZC	Pemasangan Keramik Lantai 1	6	7	ZB
	ZD	Pemasangan reling Tangga	12	12	Y
	ZE	Pemasangan Pintu dan Jendela	26	28	Y
	ZF	Pemasangan Pintu besi Lantai Dak	10	8	Z
	ZG	Pemasangan Pintu Utama (besi lipat)	6	6	ZF
	ZH	Cor tempat parkir	6	6	ZG
	ZI	Pemasangan Pintu Gerbang (besi lipat)	6	6	ZH
	ZJ	Pekerjaan Platfon Lantai 3	6	7	ZU
	ZK	Pekerjaan Platfon Lantai 2	6	8	ZJ
	ZL	Pekerjaan Platfon Lantai 1	6	7	ZK
	ZM	Pekerjaan Pengecatan lantai 3	4	4	ZE,ZT, Z1
	ZN	Pekerjaan Pengecatan Lantai 2	4	4	ZM
	ZO	Pekerjaan Pengecatan Lantai 1	4	9	ZN
	ZP	Pekerjaan Pengecatan Luar	2	6	ZO
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal				
	ZQ	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 1	4	4	Y
	ZR	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 2	4	5	ZQ
	ZS	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 3	4	5	ZR
	ZT	Pekerjaan Plumbing	120	120	J
	ZU	Pekerjaan Pemasalangan Elektrikal	20	14	Z
	ZV	Pekerjaan Pengecekan Akhir	2	4	

c. Perhitungan Metode Jalur Kritis

Tabel 2 Perhitungan dengan Metode Jalur Kritis (perencanaan)

No	Kode	Uraian pekerjaan	CPM					
			R	ES	LS	EF	LF	SLACK
1		Pekerjaan Persiapan						
	A	Pekerjaan Bongkaran Struktur Lama	6	0	0	6	6	0
	B	Buangan Sisa Bongkaran	2	6	6	8	8	0
	C	Pembersihan Lokasi	6	8	12	14	18	4
	D	Demitory Pekerja	2	14	18	16	20	4
	E	Pengadaan Listrik Pekerja	2	14	18	16	20	4
	F	Pengadaan Patek Sumur, Jet Pam	6	8	14	14	20	6
	G	Pekerjaan Pengukuran	4	8	8	12	12	0

2	Pekerjaan Tanah dan Pondasi							
	H	Perataan Tanah Sisa Bongkaran	8	12	12	20	20	0
	I	Pekerjaan Galian Pondasi	10	20	20	30	30	0
	J	Pekerjaan Pondasi Tapak dan Sloof	24	30	30	54	54	0
	K	Pasangan Bata Ringan pondasi	20	30	34	50	54	4
3	Pekerjaan Struktur							
	L	Kolom Lantai 1	10	54	54	64	64	0
	M	Balok Lantai 2	12	64	64	76	76	0
	N	Cor Lantai 2	8	76	76	84	84	0
	O	Tangga Lantai 1 ke 2	6	86	88	92	94	2
	P	Kolom Lantai 2	10	84	84	94	94	0
	Q	Balok Lantai 3	12	94	94	106	106	0
	R	Cor Lantai 3	8	106	106	114	114	0
	S	Tangga Lantai 2 ke 3	6	114	118	120	124	4
	T	Kolom Lantai 3	10	114	114	124	124	0
	U	Dak Atap	12	124	124	136	136	0
	V	Tangga Lantai 3 ke Dak atap	6	136	136	142	142	0
	W	Kolom Lantai Atap Tangga	4	136	138	140	142	2
	X	Balok Atap Tangga	4	142	142	146	146	0
	Y	Cor Dak Atap dan Dak Atap Tangga	10	146	146	156	156	0
	Z	Waterprofing ex Sikka	6	156	162	162	168	6
	Z1	Pasangan bata ringan kolom	72	56	124	128	196	68
4	Pekerjaan Arsitektural							
	ZA	Pemasangan Keramik Lantai 3	6	162	178	168	184	16
	ZB	Pemasangan Keramik Lantai 2	6	168	184	174	190	16
	ZC	Pemasangan Keramik Lantai 1	6	174	190	180	196	16
	ZD	Pemasangan reling Tangga	12	156	184	168	196	28
	ZE	Pemasangan Pintu dan Jendela	26	156	156	182	182	0
	ZF	Pemasangan Pintu besi Lantai Dak	10	162	168	172	178	6
	ZG	Pemasangan Pintu Utama (besi lipat)	6	172	178	178	184	6
	ZH	Cor tempat parkir	6	178	184	184	190	6
	ZI	Pemasangan Pintu Gerbang (besi lipat)	6	184	190	190	196	6
	ZJ	Pekerjaan Platfon Lantai 3	6	176	178	182	184	2
	ZK	Pekerjaan Platfon Lantai 2	6	182	184	188	190	2
	ZL	Pekerjaan Platfon Lantai 1	6	188	190	194	196	2
	ZM	Pekerjaan Pengecatan lantai 3	4	182	182	186	186	0
	ZN	Pekerjaan Pengecatan Lantai 2	4	186	186	190	190	0
	ZO	Pekerjaan Pengecatan Lantai 1	4	190	190	194	194	0
	ZP	Pekerjaan Pengecatan Luar	2	194	194	196	196	0
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal							
	ZQ	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 1	4	156	184	160	188	28
	ZR	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 2	4	160	188	164	192	28
	ZS	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 3	4	164	192	168	196	28
	ZT	Pekerjaan Plumbing	120	56	70	182	196	14
	ZU	Pekerjaan Pemasalangan Elektrikal	20	156	158	176	178	2
	ZV	Pekerjaan Pengecekan Akhir	2	196	196	198	198	0

Tabel diatas adalah perhitungan jalur kritis pada perencanaan dengan menggunakan Critical Path Method. Jalur kritis terletak pada kegiatan A, G, H, I, J, L, M, N, P, Q, R, T, U, V, X, Y, ZE, ZM, ZN, ZO, ZP dan ZV. Total durasi pekerjaan dihitung dengan menumlahkan lama durasi kerja yang berada pada jalur kritis :

$$= 6 + 2 + 4 + 8 + 10 + 24 + 10 + 12 + 8 + 10 + 12 + 8 + 10 + 12 + 6 + 4 + 10 + 26 + 4 + 4 + 4 + 2 + 2$$

$$= 198$$

Didapat total pekerjaan pembangunan ruko dengan menghitung data perencanaan memakan waktu selama 198 hari. Selanjutnya dilakukan perhitungan jalur kritis pada realitanya dirincikan sebagai berikut :

Tabel 3 Perhitungan dengan Metode Jalur Kritis (realita)

No	Kode	Uraian pekerjaan	CPM					
			R	ES	LS	EF	LF	SLACK
1		Pekerjaan Persiapan						
	A	Pekerjaan Bongkaran Struktur Lama	6	0	0	6	6	0
	B	Buangan Sisa Bongkaran	2	6	6	8	8	0
	C	Pembersihan Lokasi	6	8	12	14	18	4
	D	Demitory Pekerja	2	14	18	16	20	4
	E	Pengadaan Listrik Pekerja	2	14	18	16	20	4
	F	Pengadaan Patek Sumur, Jet Pam	6	8	14	14	20	6
	G	Pekerjaan Pengukuran	4	8	8	12	12	0
2		Pekerjaan Tananh dan Pondasi						
	H	Perataan Tanah Sisa Bongkaran	12	12	12	24	24	0
	I	Pekerjaan Galian Pondasi	12	24	24	36	36	0
	J	Pekerjaan Pondasi Tapak dan Sloof	24	36	36	60	60	0
	K	Pasangan Bata Ringan pondasi	20	36	40	50	60	4
3		Pekerjaan Struktur						
	L	Kolom Lantai 1	12	60	60	72	72	0
	M	Balok Lantai 2	14	72	72	86	86	0
	N	Cor Lantai 2	10	86	86	96	96	0
	O	Tangga Lantai 1 ke 2	8	96	98	104	106	2
	P	Kolom Lantai 2	10	96	96	106	106	0
	Q	Balok Lantai 3	14	106	106	120	120	0
	R	Cor Lantai 3	8	120	120	128	128	0
	S	Tangga Lantai 2 ke 3	6	128	132	120	138	4
	T	Kolom Lantai 3	10	128	128	138	138	0
	U	Dak Atap	12	138	138	150	150	0
	V	Tangga Lantai 3 ke Dak atap	6	150	150	156	156	0
	W	Kolom Lantai Atap Tangga	5	150	151	155	156	1
	X	Balok Atap Tangga	5	156	156	161	161	0
	Y	Cor Dak Atap dan Dak Atap Tangga	10	161	161	171	171	0
	Z	Waterprofing ex Sikka	7	171	185	178	192	14
	Z1	Pasangan bata ringan kolom	72	60	127	132	199	67
4		Pekerjaan Arsitektural						
	ZA	Pemasangan Keramik Lantai 3	7	178	198	185	205	20
	ZB	Pemasangan Keramik Lantai 2	6	185	205	191	211	20
	ZC	Pemasangan Keramik Lantai 1	7	191	211	198	218	20
	ZD	Pemasangan reling Tangga	12	171	206	183	218	35
	ZE	Pemasangan Pintu dan Jendela	28	171	182	185	196	11
	ZF	Pemasangan Pintu besi Lantai Dak	8	178	192	186	200	14
	ZG	Pemasangan Pintu Utama (besi lipat)	6	186	200	192	206	14
	ZH	Cor tempat parkir	6	192	206	198	212	14

	ZI	Pemasangan Pintu Gerbang (besi lipat)	6	198	212	204	218	14
	ZJ	Pekerjaan Platfon Lantai 3	7	185	196	192	203	11
	ZK	Pekerjaan Platfon Lantai 2	8	192	203	200	211	11
	ZL	Pekerjaan Platfon Lantai 1	7	200	211	207	218	11
	ZM	Pekerjaan Pengecatan lantai 3	4	199	199	203	203	0
	ZN	Pekerjaan Pengecatan Lantai 2	4	203	203	207	207	0
	ZO	Pekerjaan Pengecatan Lantai 1	9	207	207	216	216	0
	ZP	Pekerjaan Pengecatan Luar	2	216	216	218	218	0
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal							
	ZQ	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 1	4	171	204	175	208	33
	ZR	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 2	5	175	208	180	213	33
	ZS	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 3	5	180	213	185	218	33
	ZT	Pekerjaan Plumbing	126	60	73	186	199	13
	ZU	Pekerjaan Pemasalangan Elektrikal	14	171	182	185	196	11
	ZV	Pekerjaan Pengecekan Akhir	4	218	218	222	222	0

Tabel diatas adalah perhitungan jalur kritis pada realita dengan menggunakan metode jalur kritis (*Critical Path Method*). Didapat jalur kritis terletak pada kegiatan A, G, H, I, J, L, M, N, P, Q, R, T, U, V, X, Y, ZE, ZM, ZN, ZO, ZP dan ZV. Jalur kritis yang dihasilkan masih tetap sama dengan jalur kritis pada perencanaan, artinya bahwa progress durasi realita di lapangan tidak merubah jalur kritis yang telah direncanakan. Total durasi pekerjaan pada durasi realita dihitung dengan menumlahkan lama durasi kerja yang berada pada jalur kritis :

$$\begin{aligned}
 &= 6 + 2 + 4 + 12 + 12 + 24 + 12 + 14 + 10 + 10 + 14 + 8 + \\
 &\quad 10 + 12 + 6 + 5 + 10 + 28 + 4 + 4 + 9 + 2 + 5 \\
 &= 222
 \end{aligned}$$

Didapat total pekerjaan pembangunan ruko dengan menghitung data realita memakan waktu selama 222 hari.

#### d. Perhitungan PERT

PERT memiliki kesamaan dengan perhitungan jalur kritis pada CPM, dimana sama-sama mengitung jalur kritis, namun dalam PERT terdapat tiga estimasi waktu yang menjadi unsurnya. Tiga unsur waktu tersebut adalah a (waktu optimis), R (waktu realistik), b (waktu pesimis), dimana penentuan waktu optimis dan pesimis didasarkan pada pengalaman pekerjaan sebelumnya. Setelah itu dilakukan sebuah perhitungan te (durasi optimal).

Selain itu dalam PERT juga ditentukan sebuah S (deviasi standar) dan V(te) (varians). Kedua hal perhitungan tersebut ditujukan untuk mengetahui seberapa besar ketidak pastian sebuah proyek. Berikut adalah hasil pengolahan dengan PERT :

Tabel 4 Perhitungan dengan PERT

No	Kode	Uraian pekerjaan	PERT																	
			O	R	P	a	4m	b	te	te (bulat)	S	V(te)	ES	LS	EF	LF	SLACK			
1		Pekerjaan Persiapan																		
	A	Pekerjaan Bongkaran Struktur Lama	4	6	7	4	24	7	5.83	6	0.50	0.25	0	0	6	6	0			
	B	Buangan Sisa Bongkaran	1	2	3	1	8	3	2.00	2	0.33	0.11	6	6	8	8	0			
	C	Pembersihan Lokasi	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	8	12	14	18	4			
	D	Demitory Pekerja	1	2	3	1	8	3	2.00	2	0.33	0.11	14	18	16	20	4			
	E	Pengadaan Listrik Pekerja	1	2	3	1	8	3	2.00	2	0.33	0.11	14	18	16	20	4			
	F	Pengadaan Patek Sumur, Jet Pam	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	8	14	14	20	6			
	G	Pekerjaan Pengukuran	2	4	6	2	16	6	4.00	4	0.67	0.44	8	8	12	12	0			
2		Pekerjaan Tananh dan Pondasi																		
	H	Perataan Tanah Sisa Bongkaran	4	8	12	4	32	12	8.00	8	1.33	1.78	12	12	20	20	0			
	I	Pekerjaan Calian Pondasi	6	10	12	6	40	12	9.67	10	1.00	1.00	20	20	30	30	0			
	J	Pekerjaan Pondasi Tapak dan Sloof	18	24	28	18	96	28	23.67	24	1.67	2.78	30	30	54	54	0			
	K	Pasangan Bata Ringan pondasi	17	20	22	17	80	22	19.83	24	0.83	0.69	30	30	54	54	4			
3		Pekerjaan Struktur																		
	L	Kolom Lantai 1	8	10	12	8	40	12	10.00	10	0.67	0.44	54	54	64	64	0			
	M	Balok Lantai 2	10	12	14	10	48	14	12.00	12	0.67	0.44	64	64	76	76	0			
	N	Cor Lantai 2	5	8	10	5	32	10	7.83	8	0.83	0.69	76	76	84	84	0			
	O	Tangga Lantai 1 ke 2	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	86	88	92	94	2			
	P	Kolom Lantai 2	8	10	12	8	40	12	10.00	10	0.67	0.44	84	84	94	94	0			
	Q	Balok Lantai 3	10	12	14	10	48	14	12.00	12	0.67	0.44	94	94	106	106	0			
	R	Cor Lantai 3	5	8	10	5	32	10	7.83	8	0.83	0.69	106	106	114	114	0			
	S	Tangga Lantai 2 ke 3	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	114	118	120	124	4			
	T	Kolom Lantai 3	8	10	12	8	40	12	10.00	10	0.67	0.44	114	114	124	124	0			
	U	Dak Atap	10	12	14	10	48	14	12.00	12	0.67	0.44	124	124	136	136	0			
	V	Tangga Lantai 3 ke Dak atap	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	136	136	142	142	0			
	W	Kolom Lantai Atap Tangga	2	4	6	2	16	6	4.00	4	0.67	0.44	136	138	140	142	2			
	X	Balok Atap Tangga	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	142	142	146	146	0			
	Y	Cor Dak Atap dan Dak Atap Tangga	7	10	12	7	40	12	9.83	10	0.83	0.69	146	146	156	156	0			
	Z	Waterprofing ex Sikka	3	6	8	3	24	8	5.83	6	0.83	0.69	156	162	162	168	6			
	Z1	Pasangan bata ringan kolom	69	72	75	69	288	75	72.00	72	1.00	1.00	56	124	128	196	68			
4		Pekerjaan Arsitektural																		
	ZA	Pemasangan Keramik Lantai 3	5	6	7	5	24	7	6.00	7	0.33	0.11	162	178	168	184	16			
	ZB	Pemasangan Keramik Lantai 2	5	6	7	5	24	7	6.00	7	0.33	0.11	168	184	174	190	16			
	ZC	Pemasangan Keramik Lantai 1	5	6	7	5	24	7	6.00	7	0.33	0.11	174	190	180	196	16			
	ZD	Pemasangan reling Tangga	7	12	14	7	48	14	11.50	12	1.17	1.36	156	184	168	196	28			
	ZE	Pemasangan Pintu dan Jendela	23	26	28	23	104	28	25.83	26	0.83	0.69	156	156	182	182	0			
	ZF	Pemasangan Pintu besi Lantai Dak	5	10	12	5	40	12	9.50	10	1.17	1.36	162	168	172	178	6			
	ZG	Pemasangan Pintu Utama (besi lipat)	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	172	178	178	184	6			
	ZH	Cor tempat parkir	5	6	7	5	24	7	6.00	6	0.33	0.11	178	184	184	190	6			
	ZI	Pemasangan Pintu Gerbang (besi lipat)	4	6	8	4	24	8	6.00	6	0.67	0.44	184	190	190	196	6			
	ZJ	Pekerjaan Platfon Lantai 3	5	6	7	5	24	7	6.00	6	0.33	0.11	176	178	182	184	2			
	ZK	Pekerjaan Platfon Lantai 2	5	6	7	5	24	7	6.00	6	0.33	0.11	182	184	188	190	2			
	ZL	Pekerjaan Platfon Lantai 1	5	6	7	5	24	7	6.00	6	0.33	0.11	188	190	194	196	2			
	ZM	Pekerjaan Pengecatan lantai 3	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	182	182	186	186	0			
	ZN	Pekerjaan Pengecatan Lantai 2	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	186	186	190	190	0			
	ZO	Pekerjaan Pengecatan Lantai 1	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	190	190	194	194	0			
	ZP	Pekerjaan Pengecatan Luar	1	2	3	1	8	3	2.00	2	0.33	0.11	194	194	196	196	0			
5		Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal																		
	ZQ	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 1	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	156	184	160	188	28			
	ZR	Pekerjaan Saniter Toilet Lantai 2	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	160	188	164	192	28			
	ZS	Pekerjaan Saniter Toliet Lantai 3	3	4	5	3	16	5	4.00	4	0.33	0.11	164	192	168	196	28			
	ZT	Pekerjaan Plumbing	116	120	122	116	480	122	119.67	120	1.00	1.00	56	70	182	196	14			
	ZU	Pekerjaan Pemasalangan Elektrikal	14	20	24	14	80	24	19.67	20	1.67	2.78	156	158	176	178	2			
	ZV	Pekerjaan Pengecekan Akhir	1	2	3	1	8	3	2.00	2	0.33	0.11	196	196	198	198	0			

Dari perhitungan diatas telah diketahui bahwa jalur kritis pada PERT berada pada kegiatan A, G, H, I, J, L, M, N, P, Q, R, T, U, V, X, Y, ZE, ZM, ZN, ZO, ZP dan ZV dengan total waktu 196 hari dan memiliki rentang waktu sebesar :

$$\begin{aligned}
 V(TE) &= (TE)-A + (TE)-G + (TE)-H + (TE)-I + (TE)-J + (TE)-L + \\
 &+ (TE)-M + (TE)-N + (TE)-P + (TE)-Q + (TE)-R + (TE)-T + (TE)-U + \\
 &+ (TE)-V + (TE)-X + (TE)-Y + (TE)-ZE + (TE)-ZM + (TE)-ZN + \\
 &+ (TE)-ZO + (TE)-ZP + (TE)-ZV \\
 &= 0.25 + 0.11 + 0.44 + 1.78 + 1 + 2.78 + 0.44 + 0.44 + 0.69 \\
 &+ 0.44 + 0.44 + 0.69 + 0.44 + 0.44 + 0.44 + 0.11 + 0.69 + 0.69 + 0.69 \\
 &+ 0.11 + 0.11 + 0.11 + 0.11 \\
 &= 12.75
 \end{aligned}$$

Diperoleh  $V(TE) = 12,75$  maka deviasi standar  $S = \sqrt{12,75} = 3.57$ . Selanjutnya kita dapat menghitung ketidakpastian apabila diukur sesuai dengan waktu perencanaan sebesar 198 hari. Berikut adalah hasil perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{T - TE}{\sqrt{(\sigma^2)}} \\
 Z &= \frac{198 - 196}{\sqrt{12,75}} = \frac{2}{3,57} = 0,28011 = 0,28
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan table Apendix Distribusi Normal kumulatif dengan harga  $Z = 0,28$ , maka diperoleh hasil 0.6103. Ini menunjukkan bahwa kemungkinan proyek untuk selesai pada jangka waktu sesuai perencanaan adalah sebesar 61 persen.

Apabila dihitung kita mencari probabilitas 99 persen dengan nilai pada table Apendix Distribusi Normal 0,99 atau sama dengan  $Z = 3,49$  maka penyelesaian proyek jatuh pada :

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{T - TE}{\sqrt{(\sigma^2)}} \\
 3,49 &= \frac{T - 196}{3,57} \\
 T &= (3,49 \times 3,57) + 198 \\
 T &= 210,4593 = 211 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

e. Analisa Metode Jalur Kritis dan PERT

Menurut data rekaman proyek, pembangunan Ruko ini memakan waktu sebesar 222 hari. Artinya bila dibandingkan dengan waktu yang diperoleh melalui metode Jalur Kritis dan PERT, maka proyek ini digolongkan terlambat. Keterlambatan ini nantinya akan dihitung biayanya serta dianalisis penyebab keterlambatannya.

Melihat kepada hasil yang ditunjukkan pada metode Jalur Kritis proyek pembangunan ruko memiliki keterlambatan sebesar  $222 - 198$  hari = 24 hari. Sedangkan bila dilihat pada PERT, proyek ini memiliki keterlambatan yang melebihi 99 persen tingkat keberhasilan yaitu  $222 - 211$  hari = 11 hari (211 hari adalah probabilitas proyek selesai 99 persen).

Hasil pengolahan dengan menggunakan PERT dapat merujuk kita sebagai pelaksana proyek untuk dapat merencanakan jadwal proyek dan mengoptimalkan. Jika proyek pembangunan Ruko tersebut direncanakan dengan metode PERT, maka kita dapat mengetahui jalur kritis pada setiap pekerjaan, waktu selesainya, rentang waktu serta tingkat kemungkinan proyek selesai yang dihitung dalam satuan persen. Menurut hasil wawancara dengan Direktur PT. Artistika Graha Perdana, bahwa selama pelaksanaan

proyek tidak ada metode yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan jadwal proyek. Artinya bahwa jika proyek tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Jalur Kritis dan PERT, maka setiap kegiatan yang dilakukan akan dapat di control dengan dua metode tersebut.

Menurut data perencanaan proyek, biaya yg dikeluarkan sebesar Rp 837.000.000 sedangkan menurut data rekaman realita pengeluaran proyek tercatat Rp 873.950.000. Terlihat bahwa terdapat pembengkakan biaya sebesar Rp 36.950.000 sebagai akibat dari keterlambatan proyek.

f. Perhitungan *Crashing Project*

Ketika sebuah proyek telah terlaksana dan mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah ditentukan, maka terdapat sebuah alat yang dapat digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek yaitu Teknik *Crashing Project*. Menurut hasil wawancara dengan Manager Proyek, dikatakan bahwa untuk mempercepat proses penyelesaian proyek dilakukan dengan sumber daya, yaitu menambah jam kerja (lembur), menambah alat-alat proyek dan menambah tenaga kerja. Dan penambahan sumber daya tersebut akan dilakukan apabila *progress* proyek pada pertengahan tidak mencapai 50 persen, sebagai contoh pada pekerjaan pengecatan lantai 1 seharusnya memakan waktu 4 hari kerja, tetapi pada pertengahan yaitu hari ke-2 hasil pekerjaan tidak mencapai 50 persen, maka sudah seharusnya dilakukan percepatan penyelesaian dengan menambah sumber daya.

Melihat sistem kerja pada perusahaan pelaksana proyek dan teori yang ada, maka teknik pengolahan *crashing project* akan dilakukan pada kegiatan jalur kritis (kegiatan yang memiliki nilai *slack* sama dengan 0 (enol)) proyek yang mengalami keterlambatan. Hal ini disebabkan bahwa teknik *crashing project* ini menimbulkan biaya tambahan, dimana biaya tambahan tersebut akan dipergunakan maksimal apabila dilakukan pada kegiatan yang memiliki jalur kritis. Berikut adalah kegiatan yang berada pada jalur kritis :

Tabel 5 Pekerjaan yang mengalami keterlambatan

No	Uraian pekerjaan	Perencanaan	Realita
1	Pekerjaan Persiapan		
	A Pekerjaan Bongkaran Struktur	6	6
	B Buangan Sisa Bongkaran	2	2
	G Pekerjaan Pengukuran	4	4
2	Pekerjaan Tananh dan Pondasi		
	H Perataan Tanah	8	12
	I Pekerjaan Galian Pondasi	10	12
	J Pekerjaan Pondasi	24	24



3	Pekerjaan Struktur			
L	Kolom Lantai 1		10	12
M	Balok Lantai 2		12	14
N	Cor Lantai 2		8	10
P	Kolom Lantai 2		10	10
Q	Balok Lantai 3		12	14
R	Cor Lantai 3		8	8
T	Kolom Lantai 3		10	10
U	Dak Atap		12	12
V	Tangga Lantai 3 ke Dak atap		6	6
X	Balok Atap Tangga		4	5
Y	Cor Dak Atap dan Tangga		10	10
4	Pekerjaan Arsitektural			
ZE	Pemasangan Pintu dan Jendela		26	28
ZM	Pekerjaan pengecatan lantai 3		4	4
ZN	Pekerjaan pengecatan Lantai 2		4	4
ZO	Pekerjaan pengecatan Lantai 1		4	9
ZP	Pekerjaan pengecatan luar		2	2
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal			
ZV	Pekerjaan pengecekan Akhir		2	4

Tabel 5 menunjukkan beberapa keterlambatan penyelesaian pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Beberapa pekerjaan tersebut akan diolah dengan *crashing* project.

Dalam memangkas satu durasi diperlukan data realita yang terjadi. Pengolahan dengan data realita sesuai dengan kondisi lapangan bahwa jika terjadi keterlambatan pada jalur kritis langkah selanjutnya adalah memangkas kegiatan tersebut supaya kembali pada jalur kritisnya. Berikut adalah data biaya realita yang terjadi dilapangan (ditampilkan hanya pada kegiatan yang berada pada jalur kritis dan mengalami keterlambatan) :

Tabel 6 Biaya langsung (realita)

No	Uraian pekerjaan	Biaya Tidak langsung Crashing Project							Durasi
		Satuan	Jumlah	Total	Upah per hari	Upah per satu kegiatan	Material	Total upah dan material	
2	Pekerjaan Tananh dan Pondasi								
	H	Perataan Tanah Sisa Bongkaran							
		Subkontraktor					1,796,503	1,796,503	12
	I	Pekerjaan Galian Pondasi							
		Tukang	100,000	8	800,000	1,340,000	16,080,000	17,545,159	12
		Pem. Tukang	90,000	6	540,000				
3	Pekerjaan Struktur								
	L	Kolom Lantai 1							
		Tukang	100,000	8	800,000	1,340,000	16,080,000	25,195,309	12
		Pem. Tukang	90,000	6	540,000				
	M	Balok Lantai 2							
		Tukang	100,000	4	400,000	580,000	8,120,000	16,290,799	14
		Pem. Tukang	90,000	2	180,000				
	N	Cor Lantai 2							
		Tukang	100,000	4	400,000	490,000	4,900,000	13,741,938	10
		Pem. Tukang	90,000	1	90,000				
	Q	Balok Lantai 3							
		Tukang	100,000	4	400,000	580,000	8,120,000	16,290,799	14
		Pem. Tukang	90,000	2	180,000				
	X	Balok Atap Tangga							
		Tukang	100,000	2	200,000	200,000	1,000,000	2,912,577	75

Tabel 6 menjelaskan biaya langsung biaya langsung proyek setelah berjalan (perlu diketahui bahwa perhitungan biaya pada *crashing project* hanya pada pekerjaan dijalur kritis yang mengalami keterlambatan) yaitu sebesar Rp 108.556.564 dengan durasi 116 hari (pada pekerjaan yang terlambat di jalu kritis)

Setelah mengetahui biaya langsung setelah proyek berjalan, selanjutnya menghitung biaya jika durasi waktu pada realita dilapangan di *crashingkan* pada durasi perencanaanya. Berikut adalah perhitungan biaya *crashnya* :

Tabel 7 Perincian biaya setelah dilakukan *crashing*

No	Uraian pekerjaan	Biaya Tidak langsung Crashing Project							Durasi				
		Satuan	Jumlah	Total	Total upah kerja per satu kegiatan	Lama bekerja	Total biaya Upah kerja	Material	Total biaya Setelah di crash	Realita	Selisih	Crashing	
2	Pekerjaan Tanah dan Pondasi												
	<b>H</b>	<b>Perataan Tanah Sisa Bongkaran</b>											
		Subkontraktor			1,796,503				2,396,503	12	0	12	
		Profesional	150,000	2	300,000	600,000	2						
	<b>I</b>	<b>Pekerjaan Galian Pondasi</b>											
		Tukang	100,000	8	800,000	13,400,000	10	16,400,000	1,465,159	17,865,159	12	2	10
		Pem. Tukang	90,000	6	540,000								
		Profesional	150,000	4	600,000	3,000,000	5						
3	Pekerjaan Struktur												
	<b>L</b>	<b>Kolom Lantai 1</b>											
		Tukang	100,000	8	800,000	13,400,000	10	16,400,000	9,115,309	25,515,309	12	2	10
		Pem. Tukang	90,000	6	540,000								
		Profesional	150,000	4	600,000	3,000,000	5						
	<b>M</b>	<b>Balok Lantai 2</b>											
		Tukang	100,000	4	400,000	6,960,000	12	8,160,000	8,170,799	16,330,799	14	2	12
		Pem. Tukang	90,000	2	180,000								
		Profesional	150,000	4	600,000	1,200,000	2						
	<b>N</b>	<b>Cor Lantai 2</b>											
		Tukang	100,000	4	400,000	3,920,000	8	5,120,000	8,841,938	13,961,938	10	2	8
		Pem. Tukang	90,000	1	90,000								
		Profesional	150,000	4	600,000	1,200,000	2						
	<b>Q</b>	<b>Balok Lantai 3</b>											
		Tukang	100,000	4	400,000	6,960,000	12	8,160,000	8,170,799	16,330,799	14	2	12
		Pem. Tukang	90,000	2	180,000								
		Profesional	150,000	4	600,000	1,200,000	2						
	<b>X</b>	<b>Balok Atap Tangga</b>											
		Tukang	100,000	2	200,000	800,000	4	1,400,000	1,912,577	3,312,577	5	1	4
		Profesional	150,000	2	300,000	600,000	2						
4	Pekerjaan Arsitektural												
	<b>ZE</b>	<b>Pemasangan Pintu dan Jendela</b>											
		Subkontrak			4,295,985			5,045,985		5,045,985	0	0	0
		Profesional	150,000	1	150,000	750,000	5						
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal												
	<b>ZC</b>	<b>Pekerjaan Pengecatan Lantai 1</b>											
		Tukang	100,000	2	200,000	1,520,000	4	1,820,000	7,067,496	8,887,496	9	5	4
		Pem. Tukang	90,000	2	180,000								
		Profesional	150,000	1	150,000	300,000	2						
<b>Total</b>									109,646,564				
<b>Durasi yang di crash</b>											16		

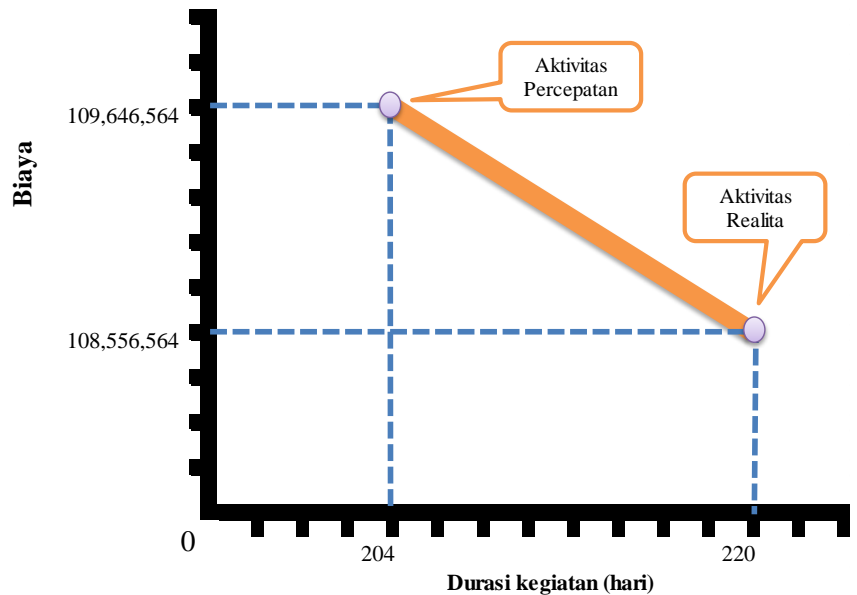
Tabel 7 merupakan informasi unsur biaya yang dilakukan dalam *mengcrash* suatu pekerjaan. Informasi tersebut menjelaskan bahwa dengan memperpendek suatu pekerjaan dapat dilakukan apabila suatu proyek mengalami keterlambatan. Parameter yang digunakan dalam memperpendek durasi adalah dengan menambahkan tenaga kerja profesional, dengan kepastian bahwa tenaga kerja profesional dapat

melaksanakan pekerjaan lebih baik daripada pekerja biasa. Pekerja professional ditambahkan apabila satu pekerjaan mengalami keterlambatan, seperti pada kegiatan I (Pekerjaan galian pondasi) memiliki durasi perencanaan 10 hari kerja dan setelah berjalan pada hari ke- 5 hasil pekerjaanya belum mencapai 50 %. Maka diputuskan untuk dilakukan percepatan dengan menambah tenaga kerja.

Dari hasil crash diatas didapat total biaya dengan memperpendek durasi pekerjaan selama 16 hari senilai Rp 109.646.564,

- Perbandingan biaya terkait durasi yang dipangkas dengan realita.

Setelah kita menentukan durasi serta biaya dengan *crashing project*, selanjutnya adalah menganalisa perbandingan durasi dan biayanya. Telah didapat dengan durasi realita tercatat biaya langsung sebesar Rp 108.556.564 dengan durasi 116 hari (pada pekerjaan yang terlambat di jalu kritis). Sedangkan setelah dipangkas 16 hari dengan menggunakan *crashing project* hasilnya biaya meningkat menjadi Rp 109.646.564 (pada pekerjaan yang terlambat di jalu kritis). Berikut adalah grafik perbandingan durasi dan biaya realita dengan percepatannya :



Gambar 3 Grafik durasi yang dipercepat

Disimpulkan bahwa pemangkasan durasi sebesar 16 hari memiliki peningkatan biaya sebesar Rp 1.090.000 ( didapat dari selisih - Rp 109.646.564 - Rp 108.556.564 = Rp 1.090.000).

- Perhitungan biaya total  
 Telah dirangkum bahwa hasil dari perhitungan dengan crashing di rangkum dalam tabel berikut ini :

Tabel 8 Rangkuman biaya crashing

Jenis biaya	Durasi hari	Realita	Jenis biaya	Durasi hari	Crashing Project
Biaya tidak langsung	222	325,000,000	Biaya tidak langsung	206	296,750,000
Biaya lansung		559,420,000	Biaya lansung		559,420,000
			Peningkatan biaya langsung		1,090,000
<b>Total biaya</b>		<b>884,420,000</b>	<b>Total biaya</b>		<b>857,260,000</b>

Perhitungan biaya realita didapat dengan menambahkan biaya tidak langsung dan biaya langsung. Biaya tidak langsung tercatat dengan 222 hari (durasi realita) dikenakan biaya tidak langsung 7 bulan ditambah dengan biaya tidak langsung tambahan, yaitu sebesar Rp 325.000.000 dan dikenakan biaya langsung sebesar Rp 559.420.000 yang merupakan biaya rekaman dari data realita, dengan total biaya proyek sebesar Rp 884.420.000 .

Perhitungan biaya dengan pemangkasan durasi dan penambahan tenaga kerja didapat dari biaya tidak langsung yang tercatat hanya 7 bulan yaitu sebesar 296.750.000 dan ditambah dengan biaya langsung dari data realita sebesar Rp 559.420.000 dan ditambah dengan peningkatan biaya selama 16 hari dengan nilai sebesar Rp 1.090.000 , dengan total biaya proyek sebesar Rp 857.260.000 .

g. Besaran Biaya total setelah Pemangkasan

Besaran biaya yang dikeluarkan jika perencanaan meleset telah dihitung dengan menggunakan teknik *crashing project*. Berikut perbandingan antara biaya perencanaan, biaya realita dan biaya *crashnya* :

Tabel 9 Besaran biaya pada *Crashing Project*

Jenis biaya	Durasi hari	Perencanaan	Jenis biaya	Durasi hari	Realita
Biaya tidak langsung	198	296,750,000	Biaya tidak langsung	222	325,000,000
Biaya lansung		540,250,000	Biaya lansung		559,420,000
<b>Total biaya</b>		<b>837,000,000</b>	<b>Total biaya</b>		<b>884,420,000</b>
Selisih biaya perencanaan dan realita					47,420,000

Jenis biaya	Durasi hari	Perencanaan	Jenis biaya	Durasi hari	<i>Crashing Project</i>
Biaya tidak langsung	198	296,750,000	Biaya tidak langsung	206	296,750,000
Biaya lansung		540,250,000	Biaya lansung		559,420,000
			Peningkatan biaya lansung		1,090,000
<b>Total biaya</b>		<b>837,000,000</b>	<b>Total biaya</b>		<b>857,260,000</b>
Selisih biaya perencanaan dan <i>Crashing project</i>					20,260,000

Tabel 9 menjelaskan bahwa terdapat perbedaan antara kita melakukan *crashing project* pada saat proyek mengalami keterlambatan dengan tidak melakukannya. Perbedaan tersebut didapat dengan mencari selisih antara biaya perencanaan dengan realita dan biaya perencanaan dengan biaya *crashing projectnya*. Disimpulkan bahwa apabila kita melakukan fungsi *crash* pada durasi yang terlambat maka didapat penambahan biaya sebesar Rp 20.260.000. Sedangkan apabila kita tidak melakukan fungsi *crash* pada kegiatan yang mengalami keterlambatan, maka penambahan biaya menjadi Rp 47.420.000 .

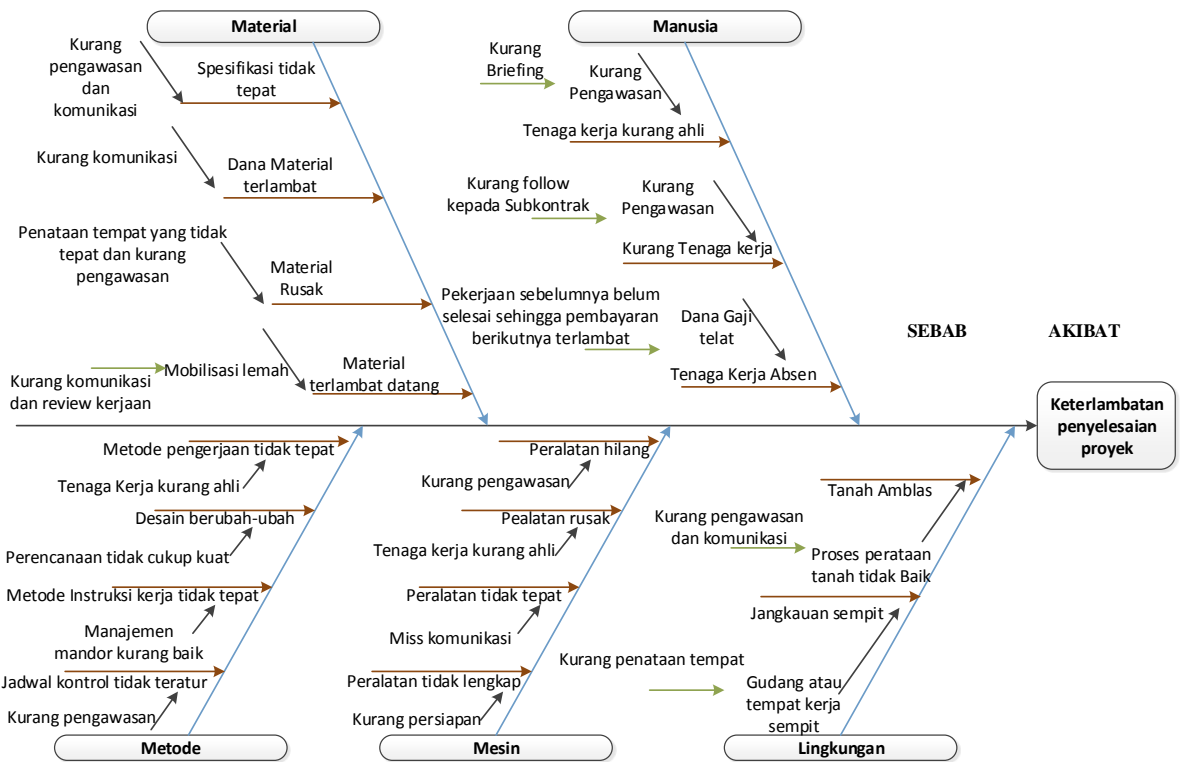
Tercatat bahwa dengan menggunakan *crashing project* kita dapat memangkas waktu pekerjaan jika sewaktu-waktu mengalami

keterlambatan. Selain itu *crashing project* dapat membantu kita menghindari resiko dari pengenaan biaya operasional (biaya tidak langsung) yang dikenakan setiap harinya.

h. Analisa Diagram Tulang Ikan

Dalam mengendalikan proyek tidak tidak tertutup kemungkinan bila kita mengendalikan dari segi durasi pelaksanaan dan biaya yang di keluarkan, tetapi terdapat faktor-faktor penyebab keterlambatannya. Faktor-faktor tersebut diuraikan kedalam salah satu alat kualitas yang berfungsi sebagai alat pemecahan masalah yaitu Diagram Tulang Ikan.

Pada bahasan ini digunakan diagram Tulang Ikan sebagai alat analisis faktor penyebab keterlambatan proyek. Berikut adalah Diagram Tulang Ikan dari faktor penyebab keterlambatan proyek :



Dari analisis keterlambatan penyelesaian proyek dengan Diagram Tulang Ikan telah disimpulkan bahwa terdapat lima faktor penyebab utama. Berikut adalah faktor-faktor penyebab keterlambatan penyelesaian proyek :

- **Manusia**  
 Pada sisi manusia terdapat penyebab seperti tenaga kerja yang kurang ahli yang disebabkan kurang adanya *briefing* yang jelas, kekurangan tenaga kerja yang disebabkan kurang adanya *follow* kepada pemborong dan tenaga kerja absen yang disebabkan oleh gaji yang tidak turun sepenuhnya atau terlambat.
- **Material**  
 Yaitu terdapat spesifikasi material yang tidak tepat pada perencanaan yang disebabkan oleh kurangnya pengawasan dan komunikasi, dana untuk pembelian material yang terlambat yang disebabkan kurang komunikasi, material rusak yang disebabkan

penataan tempat yang tidak tepat dan terlambatnya mobilisasi material.

- Metode

Pada sisi metode terdapat penyebab berupa metode pengerjaan tidak tepat yang disebabkan tenaga kerja yang tidak ahli, desain yang berubah-ubah yang disebabkan perencanaan tidak cukup kuat, instruksi kerja tidak tepat yang disebabkan manajemen mandor yang kurang baik dan jadwal kontrol tidak teratur yang disebabkan kurangnya pengawasan manajer proyek dan mandor.

- Mesin

Pada sisi mesin terdapat penyebab berupa peralatan hilang yang disebabkan kurangnya pengawasan, terdapat peralatan rusak yang disebabkan tenaga kerja kurang ahli dalam melaksanakan pekerjaan, penggunaan peralatan yang tidak tepat yang disebabkan kurangnya komunikasi dan peralatan yang tidak lengkap yang disebabkan ketidak siapan perencanaan.

- Lingkungan

Pada sisi lingkungan terdapat penyebab berupa tanah amblas dalam proses pengerjaan yang disebabkan ketidaksempurnaan dalam pekerjaan perataan tanah dan jangkauan sempit yang disebabkan kurangnya penataan material dan berakibat pada lembahnya mobilisasi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Penjadwalan penyelesaian Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.20, Glodok ) dengan menggunakan metode Jalur Kritis dan PERT. Dengan menggunakan metode CPM di peroleh durasi penyelesaiannya selama 198 hari. Sedangkan dengan menggunakan PERT diperoleh durasi penyelesaiannya selama 198 hari dan memiliki probabilitas selesai 61 persen. Untuk Probabilitas 100 persen jatuh pada hari ke-211.
2. Menurut data perencanaan proyek, biaya yg dikeluarkan sebesar jika melakukan *crashing project* sebesar Rp 20.260.000 , besaran biaya penambahan tersebut lebih kecil apabila kita tidak melakukan *crashing project* yang dinilai penambahannya sebesar Rp 47.420.000 .
3. Berdasarkan analisa pemecahan masalah dengan Diagram Tulang Ikan disimpulkan bahwa faktor terbesar penyebab keterlambatan proyek adalah minimnya pengawasan oleh pihak Perusahaan kepada setiap proses-proses pekerjaan.

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan pihak perusahaan selaku pelaksana proyek dapat mempertimbangkan hal berikut :

1. Dalam merencanakan durasi kegiatan diharapkan dapat menggunakan metode Jalur Kritis dan PERT agar diperoleh perencanaan durasi yang optimal serta dapat di jadikan sebagai acuan sebagai alat kontrol terhadap waktu.
2. Ketika terjadi sebuah keterlambatan dalam suatu kegiatan proyek diharapkan pihak manajemen proyek dapat menggunakan teknik *crashing project* sebagai langkah dalam mengembalikan kegiatan kembali kepada jalur kritis.
3. Dalam melakukan kegiatan proyek sehari-hari diharapkan kepada Manager Proyek atau Project Control untuk dapat memastikan dan

menghindari kemungkinan yang timbul, yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek sesuai dengan yang telah diuraikan kedalam Diagram Tulang Ikan.

## REFERENSI

- Almahdy, Indra, dan Catur Prianto, 2008. Penjadwalan Proyek dengan Metode CPM dan Slope Calculation. *Jurnal Sinergi Vol 12, No. 4, Uneversitas Mercuru Buana.*
- Arifudin, Riza. Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika. *Jurnal Matematika FMIPA, Jurnal Masyarakat Informatika, Vol. 2, No. 4, Universitas Negeri Semarang.*
- Bustani, Henry, 2005. *Fundamental Operation Research.* Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Frederika, Ariany, 2010. Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14, No. 2, Universitas Udayana.*
- Gray, Clifford F. dan Erik W. Larson, 2008. *Project Management.* Mc.Graw.Hill, Singapore.
- Gray, Clive , Payaman simanjuntak , Lien K. Sabur, P.F.L. Maspaitella , R.C.G. Varley, 1993. *Pengantar Evaluasi Proyek.* Gramedia, Jakarta.
- Gumilang, Bram Iskumara, Dwijanto dan Mulyono, 2014. Metode PERT-CPM untuk Optimalisasi penjadwalan proyek. *Jurnal Matematika, ISSN 2252-6943, UNNES.*
- Herjanto, Eddy, 2011. *Manajemen Operasi.* Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Heryanto, Imam dan Totok Triwibowo, 2009. *Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi.* Informatika, Bandung.
- Hargo, Harkit Dwi, 2013. Implementasi Metode Pengendalian Kualitas Pada Proses Produksi Tali Rafia Hitam dengan Menggunakan Metode Statistik Di UD Kartika Palstik Jomban. *Jurnal Ilmiah Vol.2 No.1, Universitas Surabaya.*
- Krajewski, Lee. J, Larry P.ritzman dan Manoj K.Malhotra, 2007. *Operation Management.* Pearson, New Jersey.
- Krajewski, Lee. J, Larry P.ritzman dan Manoj K.Malhotra, 2010. *Operation Management.* Pearson, New Jersey.
- Laksana, Apri Widiya, Dkk. 2014. Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program. *Jurnal Karya Teknik Sipil Volume , Nomor 3, Universitas Diponegoro.*
- Putra, Vincensius Palma Ragajiwandana Handri, AriefAndriansyah, M.Agung Wibowo dan Bambang Pudjianto, 2014. Penerapan Metode Crashing Proyek Pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeus Paket 1 Bandung. *Jurnal Teknik Sipil Vol 3, No. 3, Universitas Diponegoro.*
- Raharja, Iwan. Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani, 2014. *Jurnal Bentang Vol.2 No. 1. Program Studi Ekonomi Manajemen, Universitas Islam Indonesia.*
- Schwalbe, Kathy, 2009. *Information Technology Project Management.* Cengage Learning. Inc, United State of America.
- Suwoto dan Jefri Antonius Tampubolon, 2013. Analisis Waktu Perencanaan Pemasangan Dinding Kubah GRC dengan Metode CPM dan PERT pada Proyek GRM Kemayoran. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi, Program Studi Teknik Industri, ISSN 1858-4993, Universitas Pamulang.*

- Taha, Hamdy A, 2007. *Operation Research*. Pearson, Singapore.
- Tanjong, Santoni Darmawan, 2013. Implementasi Pengendalian Kualitas Dengan Metode Statistik pada Pabrik Spareparts CV Victory Metallurgy Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Vol.2, No. 1*, Universitas Surabaya.