

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN JADWAL PENYELESAIAN
PROYEK PERUMAHAN “BELLA VISTA GARDEN” DENGAN
METODE PERT PADA *ACTIVITY ON NODE NETWORK***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Industri**

Oleh:

**MASKURI
NIM: 10552001536**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2010**

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN JADWAL PENYELESAIAN PROYEK PERUMAHAN
“BELLA VISTA GARDEN” DENGAN
METODE PERT PADA *ACTIVITY ON NODE NETWORK***

**MASKURI
NIM : 10552001536**

Tanggal Sidang : 26 Maret 2010
Periode Wisuda : Juli 2010

Jurusan Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Jaringan kerja proyek terdiri dari berbagai jenis aktivitas yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Kompleksnya aktivitas proyek menyebabkan perlunya dilakukan perencanaan serta pengendalian terhadap hubungan ketergantungan antar aktivitas dan pelaksanaan aktivitas secara paralel yang dapat memberikan waktu minimum dalam penjadwalan penyelesaian proyek. Tujuan dari penelitian ini untuk merencanakan waktu tercepat dan terlama penyelesaian proyek dengan menerapkan metode PERT pada jaringan AON dan melakukan pemerataan sumber daya tenaga kerja (*resources leveling*). Penelitian ini membahas tentang pembangunan rumah tipe 135/200 m² Jasmine PT. Prima Damai Mandiri yang mempunyai 25 jenis pekerjaan lantai satu dan dua dengan 119 aktivitas. Berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan menggunakan analisa jaringan AON dan perangkat lunak Microsoft Project 2003 dapat disimpulkan bahwa waktu penyelesaian proyek rumah tipe 135/200 m² Jasmine oleh PT. Prima Damai Mandiri dapat dipersingkat dari 166 hari menjadi 148 hari atau dihemat selama 18 hari dengan probabilitas pencapaian target $T = 166$ hari adalah sebesar 99,99 %. Dengan penggunaan rata-rata tenaga kerja perharinya yaitu 8 orang perhari, sedangkan kebutuhan tenaga kerja maksimal perhari sebanyak 21 orang.

Kata kunci : *Activity On Node, Microsoft Project 2003, Pemerataan Sumber Daya, PERT*

PLANNING AND CONTROLLING PROJECT COMPLETION SCHEDULE OF HOUSING "BELLA VISTA GARDEN" WITH PERT METHOD THE ACTIVITY ON NODE NETWORK

MASKURI
NIM : 10552001536

Date of Final Exam: March 26th, 2010
Period of Graduation Ceremony: July, 2010

Industrial Engineering Departement
Faculty of Sciences and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Network project consists of various types of activities related to each other. The complexity of the project activities causing the need to do planning and control of the dependency relationships between activities and the implementation of parallel activities that can provide the minimum time in the scheduling completion of the project. The purpose of this research to plan the fastest and longest completion of the project by applying the method PERT in AON networks and executing resource leveling. This research discusses the type Jasmine 135/200 m² of housing construction PT. Prima Damai Mandiri which has 25 types of jobs first and second floors with 119 activities. Based on the results of data processing by using network analysis AON e and softwar Microsoft Project 2003 can be concluded that the project completion time house type 135/200 m² Jasmine by PT. Prima Damai Mandiri can be shortened from 166 days to 148 days or saved for 18 days with a probability of achieving the target T = 166 days amounted to 99.99%. With an average use of labor per day is 8 peoples per day, whereas the maximum manpower needs as many as 21 peoples per day.

Keywords: Activity on Node, Microsoft Project 2003, PERT, Resource Leveling

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR RUMUS	xviii
DAFTAR LAMBANG	xix
DAFTAR SINGKATAN.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan Penelitian	I-4
1.4 Manfaat Masalah.....	I-4
1.5 Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian	I-5
1.6 Posisi Penelitian	I-5
1.7 Sistematika Penulisan	I-7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Definisi Manajemen	II-1
2.2	Definisi Proyek	II-2
2.2.1	Sasaran Proyek dan Tiga Kendala	II-3
2.2.2	Jenis-jenis Proyek	II-4
2.2.3	Tujuan Manajemen Proyek	II-5
2.2.4	Perencanaan Proyek	II-6
2.2.5	Penjadwalan Proyek	II-7
2.2.6	Pengendalian Proyek	II-8
2.3	Analisis Jaringan Kerja	II-8
2.3.1	Manfaat Jaringan Kerja	II-8
2.3.2	Diagram Jaringan Kerja (<i>Network Diagram</i>)	II-9
2.3.3	Menyusun Jaringan Kerja Proyek	II-10
2.3.4	Terminologi dan Kaidah Dasar Jaringan Kerja	II-11
2.3.5	Perencanaan Jaringan Kerja Proyek	II-12
2.3.6	Pengendalian Jaringan Kerja Proyek	II-14
2.4	<i>Critical Path Method</i> (CPM)	II-15
2.4.1	Dasar Perhitungan Penjadwalan Proyek	II-16
2.5	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> (PERT)	II-16
2.5.1	Penentuan Perkiraan Waktu	II-17
2.5.2	Target Jadwal Penyelesaian	II-19
2.5.3	Prinsip Dasar Pembentukan Jaringan pada PERT	II-20
2.5.4	Konklusi Langkah-langkah dalam Metode PERT	II-23
2.6	Aktivitas pada Simpul (<i>Activity On Node</i> , AON)	II-24
2.7	Perencanaan Tenaga Kerja	II-28
2.7.1	Analisa Kebutuhan Sumber Daya Tenaga Kerja	II-28
2.7.2	Keterbatasan dan dan Pemerataan Penggunaan Sumber Daya (<i>Levelling</i>)	II-29
2.8	Program <i>Microsoft Project</i> (<i>Ms. Project</i>) 2003	II-31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian Pendahuluan	III-1
3.2 Studi Literatur	III-1
3.3 Perumusan Masalah	III-1
3.4 Tujuan Penelitian	III-2
3.5 Pengumpulan Data	III-2
3.5.1 Metode Pengumpulan Data.....	III-2
3.5.2 Data yang Diperlukan	III-2
3.6 Pengolahan Data	III-3
3.7 Analisis Hasil	III-5
3.8 Penutup.....	III-5
3.9 Kerangka Penelitian	III-5

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data	IV-1
4.1.1 Gambaran Umum.....	IV-1
4.1.2 Pengaturan Jadwal Jam Kerja	IV-2
4.1.3 Data Uraian Pekerjaan	IV-3
4.2 Pengolahan Data	IV-4
4.2.1 Perencanaan Waktu.....	IV-4
4.2.1.1 Penjabaran Aktivitas	IV-4
4.2.1.2 Penyusunan <i>Time Schedule</i> Menggunakan PERT	IV-8
4.2.2 Pengalokasian Sumber Daya.....	IV-28
4.2.3 Penyusunan <i>Time Schedule</i> Menggunakan <i>Microsoft Project 2003</i>	IV-36
4.2.4 Pengendalian Waktu	IV-43
4.2.5 Pengendalian Sumber Daya (<i>Levelling</i>).....	IV-43
4.2.6 Perubahan Waktu Proyek Akibat Pengendalian	IV-42

BAB V ANALISA HASIL

5.1 Perencanaan Waktu	V-1
5.2 Pengendalian Waktu	V-48
5.3 Pengendalian Sumber Daya	V-49

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan	VI-1
6.2 Saran.....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan persaingan industri konstruksi di Indonesia semakin kompleks. Industri tersebut bersaing untuk mengelola proyek secara tepat waktu dan lancar sesuai spesifikasi pekerjaan yang terdapat dalam rencana kerja yang telah ditetapkan. Dalam manajemen konstruksi, hal yang penting dijadwalkan adalah perencanaan, pelaksanaan serta pengendalian hubungan antar aktivitas dalam lintasan kritis pada penyelesaian proyek. Tidak adanya perencanaan dari setiap aktivitas yang saling bergantung dalam penjadwalan penyelesaian proyek, dapat menyebabkan meningkatnya waktu dan biaya yang telah direncanakan sebelumnya.

Pada saat penelitian ini proyek pembangunan perumahan “Bella Vista Garden” yang dikembangkan oleh PT. Prima Damai Mandiri telah memasuki pada tahap III dan telah menyelesaikan dua tahap dari tiga tahap yang direncanakan. Dalam pembangunannya, proyek dilaksanakan setelah adanya pesanan dari pelanggan atas suatu unit tipe rumah tertentu sehingga proses pembangunan perumahan “Bella Vista Garden” ini tidak dilaksanakan secara bersamaan. Oleh karena itu, waktu pelaksanaan proyek tidak dapat ditentukan pada musim hujan atau musim kemarau. Dari hasil wawancara yang telah dilakukan dengan Kepala Bagian Pelaksana diperoleh informasi bahwa dalam proses pelaksanaan proyek tidak adanya perencanaan dan pengendalian jadwal secara sistematis dari pihak manajemen perusahaan sehingga terjadi keterlambatan yang disebabkan kurangnya pengendalian terhadap tenaga kerja dan terkadang terjadi sedikit perubahan *design* rumah atas permintaan pelanggan namun tanpa ada penambahan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan serta kondisi cuaca yang tidak memungkinkan untuk melaksanakan pekerjaan proyek. Untuk waktu pengerjaan konstruksi proyek perumahan “Bella Vista Garden” dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut :

Tabel 1.1 Waktu Pengerjaan Konstruksi Perumahan “Bella Vista Garden”

No.	Blok/Tipe	Start	Finish	Waktu Pengerjaan	Keterangan
1	I.6/Chrysant	Februari 2004	Juli 2004	6 Bulan	<i>On Time</i>
2	I.7/Chrysant	Maret 2004	Agustus 2004	6 Bulan	<i>On Time</i>
3	I.9/Chrysant	Mei 2004	Oktober 2004	6 Bulan	<i>On Time</i>
4	I.15/Jasmine	Juni 2004	Desember 2004	6 Bulan	<i>On Time</i>
5	E.2/Chrysant	Oktober 2004	November 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
6	I.10/Jasmine	Januari 2005	Desember 2009	6 Bulan	<i>Overtime</i>
7	I.11/Jasmine	Juni 2005	Desember 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
8	I.12/Jasmine	Agustus 2005	November 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
9	I.12A/Jasmine	Oktober 2005	September 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
10	I.12B/Jasmine	November 2005	Februari 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
11	A.1/Primrose	Januari 2006	Januari 2009	6 Bulan	<i>Overtime</i>
12	H.2/Chrysant	Januari 2008	Juli 2008	6 Bulan	<i>On Time</i>
13	I.8 / Jasmine	Februari 2008	Oktober 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
14	I.3A/Jasmine	Februari 2008	Desember 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
15	H.1/Chrysant	Maret 2008	Desember 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
16	E.3A/Chrysant	Mei 2008	Desember 2008	6 Bulan	<i>Overtime</i>
17	J.2/Chrysant	Februari 2009	September 2009	6 Bulan	<i>Overtime</i>
18	I.18/Jasmine	8 Juni 2009	-	6 Bulan	-

Sumber : Developer Bella Vista Garden PT. Prima Damai Mandiri (2009)

Berawal dari inilah maka perlu dianalisa tentang perencanaan dan pengendalian jadwal proyek secara optimal. Untuk menganalisa masalah tersebut, maka digunakan pendekatan probabilistik untuk mengukur ketidakpastian dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan proyek secara keseluruhan. Dalam hal ini model jaringan yang digunakan adalah model jaringan aktivitas pada simpul (*Activity On Node, AON*) yang difokuskan dalam penggunaan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) untuk mengidentifikasi waktu tercepat dan terlama setiap aktivitas secara jelas serta pemerataan terhadap alokasi jumlah tenaga kerja untuk mendapatkan waktu dan tenaga kerja minimum dalam penjadwalan proyek.

Dari penelitian yang sudah ada, belum diteliti mengenai teknik-teknik yang menggunakan metode *PERT (Program Evaluation and Review Technique)* ke dalam metode *AON (Activity On Node)* untuk merencanakan serta mengendalikan jadwal penyelesaian proyek secara optimal. Penyelesaian proyek secara optimal dapat dilakukan dengan cara menyederhanakan konstruksi jaringan dengan tidak membutuhkan aktivitas semu yang banyak sekali, sehingga menjadi praktis dan dapat memperpendek jadwal pelaksanaan proyek. Pada kenyataannya mungkin suatu proyek mempunyai waktu pengerjaan yang tidak dapat diperkirakan dengan pasti, seperti cuaca buruk, hujan yang menghambat pekerjaan di ruang terbuka, gangguan kesehatan pada tenaga kerja, terjadinya sedikit perubahan pada *design* rumah dan lain-lain. Dimana teknik PERT untuk estimasi waktu menyediakan cara untuk menangani beberapa ketidakpastian yang dikaitkan dengan pelaksanaan berbagai jenis aktivitas yang lebih berorientasi terhadap suatu kejadian/peristiwa (Soeharto, 2002).

Penelitian ini hanya akan mengevaluasi pelaksanaan proyek pada tahap tiga pada pembangunan rumah tipe 135/200 m² *Jasmine*. Hal ini akan menjadi tolok ukur dari pembangunan proyek perumahan secara keseluruhan terhadap total waktu penyelesaian proyek yang direncanakan. Adapun tujuan dari penelitian pada pembangunan tahap tiga ini untuk memberikan masukan pada pelaksanaan proyek pada tahap-tahap berikutnya yang merupakan pelaksanaan yang berkesinambungan waktu pelaksanaannya.

Dari penjelasan tersebut, maka perlu dibuat suatu solusi terhadap obyek yang diteliti dengan teori yang relevan yang diperoleh dari perkuliahan, bahwa untuk memperoleh penjadwalan penyelesaian proyek yang sesuai, maka diperlukan langkah-langkah perbaikan perencanaan dan pengendalian dengan bantuan teknologi komputer serta aplikasi-aplikasinya. Untuk mendukung penelitian ini digunakan aplikasi *Microsoft Project 2003* yang merupakan program manajemen proyek yang digunakan untuk perencanaan, penjadwalan dan pengendalian pembuatan grafis informasi proyek dalam memvisualkan hasil dari jaringan kerja yang telah dibuat. Sehingga pada akhirnya dapat mendatangkan keuntungan yang lebih baik bagi perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan dianalisa adalah : **Bagaimana melaksanakan perencanaan dan pengendalian jadwal penyelesaian proyek perumahan “Bella Vista Garden” dengan menggunakan metode *PERT* pada aktivitas pada simpul (*AON*) secara optimal, agar proyek terlaksana tepat waktu dan penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien?**

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan waktu tercepat dan terlama penyelesaian proyek dengan menerapkan metode *PERT* pada jaringan *AON*.
2. Melakukan pemerataan sumber daya (*resources leveling*) dari sumber daya tenaga kerja.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang bisa diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Bagi Perusahaan
 - a. Membantu manajer proyek dalam hal perencanaan, pengendalian, serta pengambilan keputusan.
 - b. Diharapkan dapat memberikan pertimbangan waktu sehingga dalam melakukan penyelesaian proyek dapat diketahui pada aktivitas mana yang harus bekerja keras agar jadwal dapat terpenuhi.

2. Bagi Mahasiswa

Sebagai sarana pengembangan untuk penelitian-penelitian berikutnya terutama yang ada kaitannya dengan permasalahan penjadwalan proyek.

1.5 Batasan Masalah dan Asumsi

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Obyek penelitian adalah proyek perumahan *real estate* “Bella Vista Garden” PT. Prima Damai Mandiri, rumah berlantai dua pada pembangunan tahap tiga, tipe *Jasmine* dengan luas bangunan 135 m² dan luas tanah 200 m².
2. Permasalahan dititikberatkan pada perencanaan dan pengendalian waktu masing-masing kegiatan dan jumlah tenaga kerja.
3. Penelitian ini tidak membahas material, peralatan yang digunakan, mutu dari proyek dan tidak menghitung biaya proyek.
4. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari perusahaan dan data primer yang berasal dari kepala bagian pelaksanaan melalui observasi/wawancara langsung.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Diasumsikan tidak ada keterlambatan atau kekurangan material yang dapat mengganggu kelancaran pelaksanaan pembangunan proyek.
2. Dalam pelaksanaan proyek secara keseluruhan diasumsikan tidak ada gangguan seperti : gempa, kerusuhan, dan lain-lain.

1.6 Posisi Penelitian

Adapun posisi penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian yang telah ada dapat dilihat pada Tabel 1.2 sebagai berikut :

Tabel 1.2 Posisi Penelitian

No	Nama/Universitas	Judul	Tujuan	Metode	Objek Penelitian	Variabel Penelitian
1	Irwan Widjaya & Maryanti Santoso / Universitas Kristen Petra	Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Proyek Studi Kasus Proyek X	Merencanakan penjadwalan CPM dan menerapkan penjadwalan tersebut di proyek dengan melakukan <i>controlling/monitoring</i> dan <i>updating</i> .	Critical Path Method (CPM)	Proyek Ruko	
2	M. Iqbal Perdana / UIN Suska Riau	Analisa Penjadwalan Proyek Jalan Makadam dengan Menggunakan metode AON (Activity On Node) di Jalan Lestari Bukit Raya	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempersingkat waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode AON. 2. Merancang strategi yang dapat meminimalisasi waktu proses pada proyek. 	Activity On Node (AON)	Proyek Jalan Makadam	Time schedule dan biaya
3	Aryo Andri Nugroho/UNNES	Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Mas Semarang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui cara menentukan lintasan kritis dengan menggunakan metode PERT-CPM pada penjadwalan proyek pembangunan gedung stasiun karantina ikan kelas 1 Tanjung Mas Semarang. 2. Mengetahui penggunaan program Excel dalam menentukan lintasan kritis. 	PERT/CPM	Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Mas Semarang	Time Schedule dan biaya
4	Maskuri / UIN Suska Riau	Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Penyelesaian Proyek Perumahan "Bella Vista Garden" dengan Metode PERT dalam Activity ON Node Network	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan waktu tercepat dan terlama penyelesaian proyek dengan menerapkan metode PERT pada jaringan AON. 2. Melakukan pemerataan sumber daya (<i>resources leveling</i>) dari sumber daya tenaga kerja 	<ol style="list-style-type: none"> 1. PERT 2. Activity On Node (AON) 3. Microsoft Project 2003 	Proyek Perumahan Real Estate Bella Vista Garden Tipe 135/200 m ² Jasmine	Aktivitas, waktu, dan jumlah tenaga kerja.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, posisi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini penulis menguraikan tentang berbagai teori yang digunakan untuk menganalisis masalah. Bagian ini menguraikan masalah manajemen proyek dan metode apa yang digunakan untuk menyelesaikan masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode-metode yang digunakan dalam penelitian yang meliputi penelitian pendahuluan, studi literatur, merumuskan masalah, metode pengumpulan data, gambaran mengenai pengolahan data dan analisis data serta penarikan kesimpulan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini ditampilkan data-data yang dikumpulkan dalam tugas akhir serta penjelasan mengenai setiap tahap pengolahan data yang dilakukan.

BAB V ANALISA HASIL

Pada bab menguraikan secara jelas mengenai analisis perencanaan penjadwalan penyelesaian proyek.

BAB VI PENUTUP

Akhir dari penulisan ini adalah berupa kesimpulan atas hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, serta selanjutnya diberikan saran-saran yang ditujukan terutama kepada perusahaan obyek penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Manajemen

Manajemen adalah pencapaian tujuan organisasi dengan cara yang efektif dan efisien melalui perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya organisasi (Daft, 2007). Secara sistematis dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Perencanaan

Fungsi manajemen yang berkaitan dengan menentukan tujuan untuk kinerja organisasi dimasa depan, memutuskan tugas, dan penggunaan sumber daya yang diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut. Tujuan perencanaan adalah mereduksi ketidakpastian yang ada sebelum proyek tersebut dilaksanakan dan memberikan basis untuk melaksanakan pengawasan dan pengontrolan bagi manajer proyek.

2. Pengorganisasian

Fungsi manajemen yang berkaitan dengan penentuan dan pengelompokan tugas dalam departemen, penentuan otoritas, serta alokasi sumber daya kedalam departemen.

3. Kepemimpinan

Fungsi manajemen yang menggunakan pengaruh untuk memberikan memotivasi kepada karyawan sehingga mencapai tujuan organisasi.

4. Pengendalian

Fungsi manajemen yang berkaitan dengan pengawasan aktivitas karyawan, pertahanan organisasi pada jalur pemenuhan tujuan, pengoreksian bila diperlukan.

Semua kegiatan proyek merupakan suatu siklus manajemen yang didasarkan atas tiga tahapan, yaitu perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi (Dipohusodo, 2006). Siklus mekanisme manajemen tersebut merupakan proses terus menerus selama proyek berjalan. Oleh karenanya pelaksanaan proyek berlangsung dalam suatu tata hubungan kompleks yang selalu berubah-ubah

(dinamis). Rencana semula harus selalu disesuaikan dengan keadaan atau kondisi mutakhir dengan memanfaatkan umpan balik dari hasil evaluasi. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar siklus mekanisme manajemen berikut ini :



Gambar 2.1 Siklus Mekanisme Manajemen
(Sumber : Dipohusodo, 2006)

2.2 Definisi Proyek

Proyek merupakan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009).

Sebuah proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Gray dkk, 2007).

Yamit (2003) proyek juga didefinisikan sebagai suatu sistem yang kompleks yang melibatkan koordinasi dari sejumlah bagian yang terpisah dari organisasi dan di dalamnya terdapat *schedule* dan syarat-syarat dimana kita harus bekerja. Dengan kata lain, proyek adalah setiap pekerjaan dimulai pada waktu tertentu dan direncanakan selesai atau berakhir pada waktu yang telah ditetapkan.

Menurut Soeharto (2002) dalam proses pencapaian tujuan tersebut telah ditentukan batasan, yaitu besarnya biaya (anggaran) yang dialokasikan dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi, yang disebut sebagai tiga kendala (*triple constraint*).

2.2.1 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala

Parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek adalah sebagai berikut :

a. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponen atau per periode tertentu (misalnya per kuartal) yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian, penyelesaian bagian-bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran per periode.

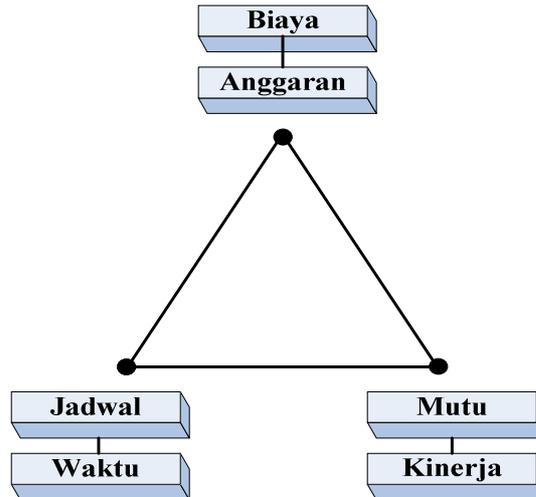
b. Jadwal

Proyek yang harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

c. Mutu

Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Sebagai contoh, bila hasil kegiatan proyek tersebut berupa bangunan gedung, maka kriteria yang harus dipenuhi adalah gedung tersebut harus mampu beroperasi memuaskan dalam kurun waktu yang telah ditentukan. Jadi, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut *fit for the intended use*.

Tiga sasaran proyek tersebut digambarkan sebagai kendala (*triple constraint*) seperti terlihat pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Sasaran proyek dan tiga kendala (*triple constraint*) (Sumber : Soeharto, 2002)

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik-menarik, yaitu jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka harus diikuti menaikkan mutu, yang selanjutnya berakibat naiknya biaya melebihi anggaran. Sebaliknya jika ingin menekan biaya maka biasanya harus disesuaikan dengan mutu atau jadwal.

2.2.2 Jenis-jenis Proyek

Jenis-jenis proyek dilihat dari komponen kegiatan utamanya dapat dikelompokkan menjadi (Soeharto, 2002) :

1. Proyek *Engineering-Construction*

Komponen kegiatan utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain-*engineering* pengadaan, dan konstruksi.

2. Proyek *Engineering-Manufacture*

Proyek ini dimaksudkan untuk menghasilkan produk baru, meliputi desain *engineering*, pengembangan produk (*product development*), pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi, dan operasi produk yang dihasilkan.

3. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Proyek ini bertujuan untuk melakukan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu.

4. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek ini melakukan kegiatan merancang sistem informasi manajemen, merancang program efisiensi dan penghematan, diversifikasi, penggabungan dan pengambilalihan.

5. Proyek Kapital

Proyek ini umumnya meliputi pembebasan tanah, penyiapan lahan, pembelian material dan peralatan (mesin-mesin), manufaktur (pabrikasi), dan konstruksi pembangunan fasilitas industri.

6. Proyek Radio Telemunikasi

Proyek ini dimaksudkan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya yang relatif tidak terlalu mahal.

7. Proyek Konservasi *Bio-diversity*

Proyek ini berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan.

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu.

2.2.3 Tujuan Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan hasil pengembangan dari manajemen produksi. Pada awalnya manajemen proyek muncul karena adanya proyek yang membutuhkan pengelolaan secara khusus guna mencapai efisiensi dan efektifitas yang diinginkan. Menurut Heizer dkk (2006), bahwa ada beberapa alasan yang menyebabkan perkembangan dan pelaksanaan suatu proyek, yaitu kompleksitas yang semakin bertambah, siklus hidup produk/jasa yang menurun, nilai strategis persaingan berbasis waktu dan keharusan perbaikan kualitas yang terus menerus.

Yamit (2003) menjelaskan secara umum manajemen proyek mempunyai tiga tahapan sebagai berikut :

1. Perencanaan

Tahapan ini meliputi identifikasi kegiatan, perkiraan waktu kegiatan, dan hubungan logika ketergantungan antar kegiatan. Dalam metode jalur kritis (CPM) dan *Program Evaluation Review Technique* (PERT) tahapan ini menghasilkan diagram *network*.

2. Penjadwalan

Berdasarkan tahapan perencanaan dibuatlah jadwal sumber daya yang diperlukan seperti tenaga kerja, mesin dan uang untuk setiap kegiatan.

3. Pengawasan

Tahapan ini meliputi laporan perkembangan proyek, memperbaharui diagram *network* dalam menghadapi setiap terjadi perubahan selama proyek berlangsung.

2.2.4 Perencanaan Proyek

Dari definisi manajemen proyek, perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi-fungsi lain seperti mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan. Perencanaan merupakan penyusunan suatu konsep secara global yang digunakan untuk memprediksi pekerjaan yang harus dilakukan selanjutnya (Uher, 1996 dalam Widjaya dkk, 2007). Perencanaan sangat membantu pihak manajemen dalam melakukan pengawasan terhadap aktivitas yang sedang dilaksanakan.

Planning biasanya dibangun dengan menentukan atau mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang ada diproyek, mendata urutan dari aktivitas yang akan terjadi di proyek dari *start* sampai *finish (completion)*. Ini sangatlah membantu perencana dalam menentukan *schedule* dan durasi dari proyek. Langkah-langkah yang dilakukan dalam *planning* yaitu (Widjaya dkk, 2007) :

1. WBS (*Work Breakdown Structure*) aktivitas proyek.
2. Penyusunan urutan aktivitas
3. Estimasi durasi setiap aktivitas
4. Menentukan metode *scheduling* yang dipakai, dalam hal ini menggunakan PERT.

Oleh karena itu, seluruh aktivitas atau tahap-tahap dalam proyek harus diidentifikasi dengan lengkap. Hal ini bukan merupakan tugas yang mudah karena pekerjaan yang tercakup dalam proyek bersifat baru, tanpa adanya referensi pengalaman yang dapat dijadikan acuan. Suatu aktivitas adalah kinerja suatu pekerjaan atau upaya yang membutuhkan tenaga kerja, sumber daya, dan waktu yang berada dibawah pengawasan atau supervisi manajemen (Levin dkk, 2002).

2.2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek meliputi pengurutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan proyek (Heizer dkk, 2006). Pada tahapan ini manajer memutuskan berapa lama tiap kegiatan memerlukan waktu dan menghitung berapa banyak orang dan bahan yang diperlukan pada tiap tahap pekerjaan. Karena penjadwalan proyek merupakan hal yang penting sehingga dalam merencanakannya harus realistis berdasarkan data-data dan informasi tentang proyek. Ketika aktivitas proyek telah identifikasi dan hubungan antar aktivitas telah ditetapkan dalam bentuk jaringan kerja atau sarana perencanaan lainnya, aktivitas proyek harus dijadwalkan.

Menurut Husen (2009), menjelaskan kompleksitas penjadwalan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut :

1. Sasaran dan tujuan proyek.
2. Keterkaitan dengan proyek lain agar terintegrasi dengan *master schedule*.
3. Dana yang diperlukan dan dana yang tersedia.
4. Waktu yang diperlukan, waktu yang tersedia, serta perkiraan waktu yang hilang dan hari-hari libur.
5. Susunan dan jumlah kegiatan proyek serta keterkaitan di antaranya.
6. Kerja lembur dan pembagian *shift* kerja untuk mempercepat proyek.
7. Sumber daya yang diperlukan dan sumber daya yang tersedia.
8. Keahlian tenaga kerja dan kecepatan mengerjakan tugas.

Makin besar skala proyek, semakin kompleks pengelolaan penjadwalan karena jadwal yang dikelola sangat besar, kebutuhan dan penyediaan sumber daya

juga besar, kegiatan yang dilakukan sangat beragam serta durasi proyek yang panjang.

2.2.6 Pengendalian Proyek

Pengendalian proyek adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dengan standar, kemudian mengambil tindakan perbaikan yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran yang diinginkan (Smith, 1995 dalam Widjaya dkk, 2007). Dalam pengendalian proyek besar melibatkan pengawasan yang ketat pada sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Pengendalian juga berarti penggunaan *loop* umpan balik untuk merevisi rencana proyek dan pengaturan sumber daya hal-hal tersebut paling diperlukan laporan PERT/CPM yang sudah terkomputerisasi data diagram khas. Salah satu program yang populer adalah *Microsoft Project* (Heizer dkk, 2006).

2.3 Analisis Jaringan Kerja

Pada umumnya setiap proyek terdiri atas banyak pekerjaan atau aktivitas. Masing-masing aktivitas saling berkaitan satu dengan yang lainnya.

2.3.1 Manfaat Jaringan Kerja

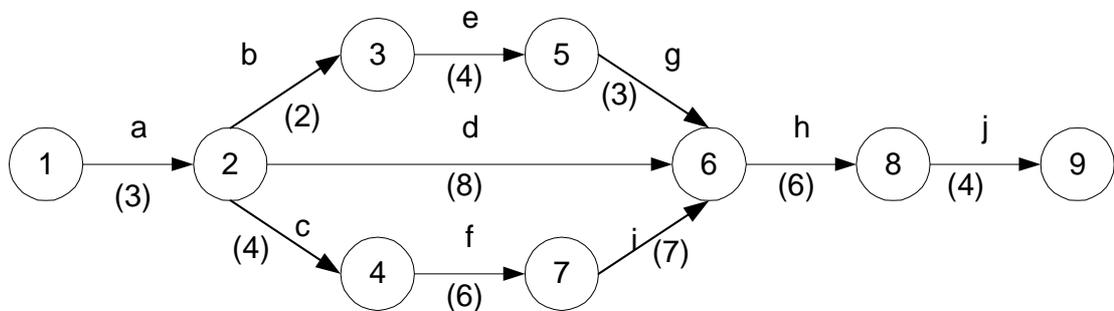
Adapun keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan analisa jaringan kerja adalah sebagai berikut :

- a. Dapat merencanakan suatu proyek yang kompleks.
- b. Penjadwalan pekerjaan dalam urutan yang praktis dan efisien.
- c. Diketahui jalur kritis yang memungkinkan untuk mengatur pembagian kerja yang baik dan lebih terkendali.
- d. Jaringan kerja memberikan bantuan yang sangat berharga dalam mengkomunikasikan aktivitas proyek.
- e. Mengendalikan proyek yang sedang dilaksanakan dan segera mengambil tindakan bila ada penyimpangan.

- f. Memperlancar komunikasi antara berbagai departemen/bagian dan pihak-pihak yang terlibat dalam proyek.

2.3.2 Diagram Jaringan Kerja (*Network Diagram*)

Network Diagram merupakan gambaran proses pekerjaan proyek secara *visual*. Dengan adanya *network* ini manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Pada prinsipnya *network* tersebut dipergunakan untuk merencanakan penyelesaian berbagai macam pekerjaan/proyek terutama proyek-proyek atau pekerjaan yang terdiri atas berbagai macam unit pekerjaan (Ahyari, 1986). Berikut ini contoh jaringan kerja terlihat dalam Gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Jaringan kerja yang terdiri dari 10 kegiatan (Sumber :Soeharto, 2002)

Keterangan:

- 1, 2,....., i, j = Peristiwa (*node/event*) pada kegiatan terdahulu i dan berikutnya j.
- a, b,....., j = Kegiatan.
- (3) = Angka dalam kurung menyatakan lama/waktu terjadi.

2.3.3 Menyusun Jaringan Kerja Proyek

Jaringan proyek adalah alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memonitor kemajuan proyek. Jaringan menggambarkan berbagai aktivitas yang harus diselesaikan, urutan logis, hubungan ketergantungan dari aktivitas-aktivitas yang diselesaikan, dan dalam banyak kasus menggambarkan waktu dimana aktivitas tersebut mulai dan berakhir bersama dengan jalur terpanjang didalam jaringan (Gray dkk, 2006).

Dalam penyusunan jaringan kerja proyek, diperlukan data (Ahyari, 1986) sebagai berikut :

- a. Pekerjaan-pekerjaan yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek tersebut secara keseluruhan. Dalam hal ini perlu diadakan inventarisasi, pekerjaan apa saja yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek tersebut.
- b. Taksiran waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan. Oleh karena waktu tersebut tidak dapat ditentukan dengan mutlak, maka harus ditaksir dengan sebaik-baiknya. Dalam hal ini sering pula dipergunakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut pada waktu-waktu yang lalu. Penentuan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan ini akan semakin baik apabila didasarkan kepada penelitian yang cermat.
- c. Urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Urutan pekerjaan ini harus diketahui sebelum menyusun jaringan kerja. Pekerjaan-pekerjaan apa yang harus diselesaikan sebelum suatu pekerjaan dimulai, serta pekerjaan-pekerjaan apa yang dapat dikerjakan sesudah pekerjaan tersebut selesai.
- d. Ongkos untuk mempercepat setiap pekerjaan. Dimaksudkan disini adalah tambahan biaya untuk kerja lembur, kenaikan biaya karena pekerjaan di sub-kontrak-kan. Termasuk sebagai ongkos untuk mempercepat pekerjaan seperti biaya-biaya di dalam mempegunakan pekerja lebih banyak untuk pekerjaan tersebut. Pada prinsipnya ongkos untuk mempercepat pekerjaan ini adalah tambahan ongkos yang diperlukan karena dipercepatnya suatu pekerjaan dari taksiran waktu normal dan dengan perhitungan ongkos yang diperlukan karena dipercepatnya suatu pekerjaan dari taksiran waktu normal dan dengan perhitungan ongkos normal pula.

2.3.4 Terminologi dan Kaidah Dasar Jaringan Kerja

Dalam penyusunan jaringan kerja dikenal beberapa terminologi dan kaidah dasar jaringan kerja (Soeharto, 2002). Diantaranya yang terpenting adalah sebagai berikut :

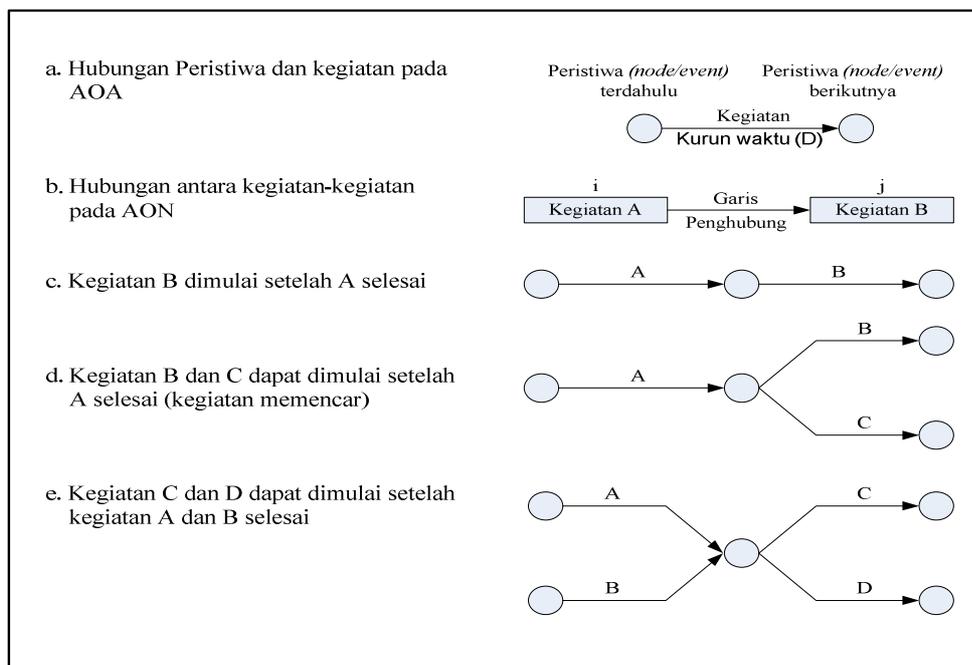
1. Kegiatan-kegiatan yang merupakan komponen proyek dan hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain disajikan dengan menggunakan tanda-tanda. Dikenal dua macam jaringan kerja sebagai berikut:
 - a. Kegiatan pada anak panah, atau *Activity On Arrow* (AOA). Di sini kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Ekor anak panah merupakan awal dan ujungnya sebagai akhir kegiatan. Nama dan kurun waktu kegiatan berturut-turut ditulis diatas dan dibawah anak panah, seperti terlihat pada Gambar 2.4a
 - b. Kegiatan ditulis di dalam kotak atau lingkaran, yang disebut dengan *Activity On Node* (AON). Anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan di antara kegiatan-kegiatan, seperti terlihat pada Gambar 2.4b.

Metode CPM dan PERT termasuk klasifikasi AOA, sedangkan PDM termasuk dalam AON. Namun, menurut Gray dkk (2006) bahwa PERT dapat menggunakan jaringan AON dan jaringan AOA.

2. Kegiatan (*Activity*). Analisa jaringan kerja memecahkan lingkup proyek menjadi kegiatan-kegiatan yang memerlukan komponennya. Kegiatan ini mempunyai sifat-sifat berikut :
 - a. Memerlukan waktu dan sumber daya.
 - b. Waktu mulai dan berakhir dapat diukur/diberi tanda.
 - c. Dapat berdiri sendiri atau dikelompokkan menjadi paket kerja atau SRK (struktur rincian lingkup kerja).
3. Peristiwa atau kejadian (*event*) dan *milestone* adalah suatu titik /waktu dimana semua kegiatan sebelumnya (*predecessor*) sudah selesai, dan kegiatan sesudah (*successor*) dapat dimulai. Peristiwa tidak memerlukan waktu dan sumber daya karena ia hanya menjelaskan suatu keadaan, misalnya kegiatan sudah selesai atau baru dimulai.

4. *Node i* dan *node j*. *Node* yang berada di ekor anak panah adalah *node i*, sedangkan yang dikepala adalah *node j*. Tetapi *node j* akan menjadi *node i* pada pekerjaan berikutnya.
5. Kecuali kegiatan awal, sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, kegiatan terdahulu atau yang mendahuluinya harus sudah selesai. Ini merupakan aturan dasar jaringan kerja metode CPM dan PERT.
6. Penyajian grafis jaringan kerja yang tidak membutuhkan skala, kecuali untuk keperluan-keperluan tertentu.

Berdasarkan atas terminologi tersebut, dapatlah disusun suatu diagram dari urutan pekerjaan untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dengan demikian maka proses pelaksanaan pekerjaan untuk penyelesaian proyek tersebut dapat digambarkan secara *visual*, seperti terlihat pada Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Tanda/symbol dalam membuat jaringan kerja
(Sumber : Soeharto, 2002)

2.3.5 Perencanaan Jaringan Kerja Proyek

Perencanaan jaringan kerja merupakan alat manajemen yang lebih luas dan lebih lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Unsur-unsur perencanaan yang erat hubungannya dengan manajemen proyek adalah

penjadwalan (*Schedulling*). Adapun teknik dan metode dalam penjadwalan suatu proyek yaitu dengan Metode Bagan Balok (*bar-chart*) dan Analisis Jaringan Kerja (*CPM, PERT, PDM, GERT* dan lain-lain). Namun yang sering digunakan dalam penelitian adalah metode CPM dan PERT.

Perbedaan pokok CPM dari PERT adalah bahwa CPM lebih mementingkan konsep biaya dalam proses perencanaan dan pengawasan. Bila waktu dapat diperkirakan dengan baik dan bila biaya dapat dihitung dengan agak akurat sebelumnya (sebagai contoh, tenaga kerja dan bahan baku dalam proyek konstruksi). CPM mungkin lebih unggul daripada PERT. Tetapi didalam ketidakpastian yang ekstrim dan bila pengawasan sepanjang waktu akan menelan banyak biaya, PERT merupakan pilihan terbaik (Levin dkk, 2002).

Masalah penjadwalan suatu jaringan kerja adalah mengefisienkan kegunaan alat yang telah terpakai atau penundaan pekerjaan yang minimum, yang secara khusus untuk mengurangi waktu menganggur.

Pemilihan metode penjadwalan biasanya didasarkan pada dua hal, yaitu kejadian (*event*) dan waktu pengerjaan kegiatan (*duration*). Apabila kejadian durasi bersifat *deterministic* (pasti) maka digunakan metode jalur kritis CPM karena memakai satu angka estimasi, sedangkan untuk kejadian dan durasi bersifat *probabilistic* (tidak pasti), maka digunakan metode PERT. Karena PERT memberikan perkiraan “rentang” (*range*) yang lebih besar dengan menggunakan tiga angka estimasi untuk menyelesaikan suatu kegiatan yaitu waktu optimis, pesimistis, dan “paling mungkin” (Soeharto, 2002). Pada PERT, penekanan diarahkan pada usaha mendapatkan kurun waktu yang paling baik (kearah yang lebih akurat). Berikut penjelasan perbandingan PERT versus CPM seperti terlihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan PERT versus CPM untuk beberapa fenomena

Fenomena	CPM	PERT
1. Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, satu angka	Probabilistik, tiga angka
2. Arah orientasi	Ke kegiatan	Ke peristiwa/kejadian
3. Identifikasi jalur kritis dan <i>float</i>	Dengan hitungan maju dan mundur	Sama dengan <i>CPM</i>
4. Kurun waktu penyelesaian proyek	Ditandai dengan suatu angka tertentu	Angka tertentu ditambah <i>varians</i>
5. Kemungkinan (<i>probability</i>) mencapai target awal	Hitungan/analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6. Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu dikonversikan ke <i>CPM</i> terlebih dahulu

Sumber : Soeharto (2002)

2.3.6 Pengendalian Jaringan Kerja Proyek

Tidak ada proyek yang direncanakan dengan menggunakan CPM, PERT atau metode lainnya dapat diselesaikan dengan hasil yang memuaskan jika hanya tahap perencanaan dan penjadwalan saja yang dilakukan. Satu tahap tambahan perlu disertakan yaitu tahap pengendalian yang digunakan untuk menentukan kualitas perubahan tersebut.

Pengendalian menuntut suatu penggunaan prinsip-prinsip dan konsep-konsep jalur kritis secara berkesinambungan, yang digunakan untuk pedoman pelaksanaan proyek. Rencana pengendalian harus memastikan bahwa proyek dilaksanakan secara ekonomis, mengetahui batas akhir (*dead line*) penjadwalan dan terhadap pengadaan sumber daya.

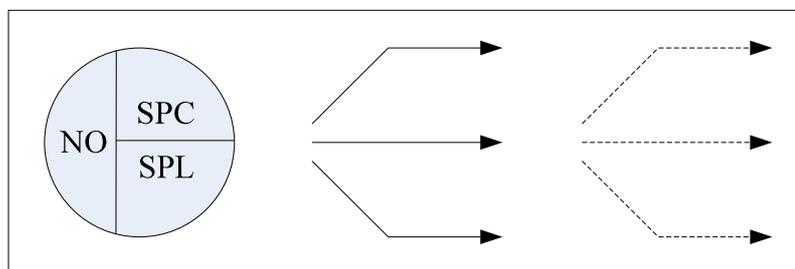
Ada tiga obyek utama yang harus dipenuhi rencana pengendalian yang baik untuk menyelesaikan proyek. Pertama, rencana harus secara akurat menggambarkan pekerjaan dan dapat disesuaikan dengan spesifikasi dan rencana konstruksi yang dirancang. Kedua, rencana harus memenuhi standar dari jadwal yang dideteksi, dievaluasi, dan diramalkan. Ketiga, rencana juga harus memuat ketentuan untuk tindakan koreksi berkala secara ekonomis yang menempatkan jadwal tertinggal kedalam jajaran jadwal yang diusulkan.

2.4 Critical Path Method (CPM)

Dalam metode jalur kritis (CPM), waktu untuk melaksanakan kegiatan dianggap sudah pasti dan untuk menentukan jalur kritis perlu dibuat diagram *network* dengan menggunakan beberapa terminologi, simbol, dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut (Yamit, 2003) :

1. **Anak panah** melambangkan kegiatan, diatas anak panah ditulis simbol kegiatan sedangkan dibawah anak panah ditulis waktu kegiatan. Setiap kegiatan dalam *network* selalu terletak diantara dua peristiwa.
2. **Lingkaran** melambangkan peristiwa (*event*), lingkaran berbagi dalam tiga bidang, yaitu sebelah kiri disebut nomor peristiwa, sebelah kanan atas disebut saat paling cepat/ *earliest start time* (SPC/EST) dan di sebelah kanan bawah disebut saat paling lambat/ *latest start time* (SPL/LST). Jika dalam sebuah lingkaran terdapat $SPC=SPL$ berarti peristiwa tersebut disebut peristiwa kritis., yaitu peristiwa yang tidak memiliki tenggang waktu antara SPC dan SPL. Dalam diagram *network* sangat dimungkinkan terdapat lebih dari satu kegiatan yang menuju dan keluar dari peristiwa, tetapi diantara dua peristiwa hanya boleh ada satu kegiatan.
3. **Anak panah putus-putus** melambangkan kegiatan semu (*dummy*). Dalam diagram *network* kegiatan semu boleh ada dan boleh tidak, kegiatan semu dimunculkan untuk menghindari diantara dua peristiwa terdapat lebih dari satu kegiatan.

Beberapa simbol dan ketentuan yang perlu diperhatikan dalam terminologi jalur kritis tersebut diatas adalah seperti terlihat pada Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Simbol-simbol dalam Jaringan Kerja
(Sumber : Yamit, 2003)

2.4.1 Dasar Perhitungan Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek dilakukan untuk mengetahui jadwal waktu dari masing-masing kegiatan, serta jadwal waktu penyelesaian seluruh kegiatan. Dalam melakukan perhitungan penentuan waktu ini digunakan tiga buah asumsi dasar, yaitu (Dimiyati dkk, 2002) :

1. Proyek hanya memiliki satu *initial event* dan satu terminal *event*.
2. Saat tercepat terjadinya *initial event* adalah hari ke nol.
3. Saat paling lambat terjadinya terminal *event* adalah $TL=TE$ untuk *event* ini.

Adapun cara perhitungan yang harus dilakukan terdiri atas dua cara, yaitu cara perhitungan maju (*forward computation*) dan perhitungan mundur (*backward computation*). Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju ke terminal *event*, yaitu menghitung saat paling cepat terjadinya *events* dan saat yang paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TE, ES, dan EF). Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari terminal *event* menuju ke *initial event*, yaitu bertujuan untuk menghitung saat paling lambat terjadinya *events* dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS, dan LF).

2.5 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

PERT dikembangkan sebagai suatu upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi “*range*”, atau memakai tiga estimasi waktu. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba mengukur ketidakpastian tersebut secara kuantitatif, seperti standar deviasi dan varians. Dalam metode PERT lebih berorientasi ke terjadinya peristiwa (*event oriented*) sedangkan CPM cenderung ke orientasi kegiatan (*activity oriented*) (Soeharto, 2002). Dengan demikian, teknik PERT untuk estimasi waktu menyediakan cara untuk menangani beberapa ketidakpastian yang dikaitkan dengan pelaksanaan berbagai jenis aktivitas yang lebih berorientasi terhadap suatu kejadian/peristiwa

(*event oriented*). Metode tersebut bertujuan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya penundaan, maupun gangguan dan konflik suatu jadwal.

Dalam jaringan PERT, kejadian biasanya dilukiskan dalam bentuk lingkaran, dan aktivitas-aktivitas dilukiskan dalam bentuk tanda panah yang menghubungkan dua buah lingkaran. Dapat dilihat contoh pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Dua Kejadian yang Dihubungkan oleh Satu Aktivitas (Sumber : Dimiyati dkk, 2002)

2.5.1 Penentuan Perkiraan Waktu

Dalam metode PERT waktu menjadi dasar ukuran untuk menentukan berapa lama keterlambatan atau lebih cepat dari rencana semula pada titik tertentu, serta untuk mengetahui pekerjaan apa yang terdapat dalam suatu tingkat atau aktivitas proyek. Dalam estimasi kurun waktu kegiatan, PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu *optimistic time* (a), *most likely time* (m), dan *pessimistic time* (b), selanjutnya dari ketiga perkiraan waktu tersebut kemudian dihitung waktu yang diharapkan atau *expected time* (te). Lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

- a. *Optimistic duration time* (a), adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus, tanpa persoalan-persoalan maupun cuaca yang tidak cocok, dan sebagainya.
- b. *Most likely time* (m), adalah kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan secara berulang-ulang dalam kondisi yang hampir sama atau perkiraan waktu penyelesaian suatu kegiatan/pekerjaan dalam kondisi normal
- c. *Pessimistic duration time* (b), adalah waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatu serba tidak baik atau perkiraan waktu penyelesaian suatu kegiatan apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang menghambat pelaksanaan pekerjaan. Misalnya cuaca yang tidak cocok, kerusakan-kerusakan, nasib buruk dan sebagainya. Kita

tahu bahwa hal ini juga merupakan kejadian yang jarang, tetapi hal ini bisa terjadi. Jadi setidaknya kita harus memperhitungkan waktu ini dalam pertimbangan-pertimbangan dan perhitungan-perhitungan kita.

- d. *Expected time (te)*, yaitu kurun waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas/pekerjaan.

Besarnya pengaruh angka a , b , dan m dalam metode PERT, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan estimasi atas besarnya angka tersebut (Soeharto, 2002) :

- a. Estimator perlu mengetahui fungsi dari a , b , dan m dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT secara keseluruhan.
- b. Proses estimasi angka a , b , dan m bagi masing-masing kegiatan tidak boleh dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- c. Bila tersedia data-data tentang pengalaman masa lalu (*historical record*), maka data demikian akan berguna sebagai bahan pembanding dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Syaratnya adalah data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif dan kondisi kedua peristiwa yang bersangkutan tidak jauh berbeda.

Jadi yang perlu digaris bawahi adalah estimasi angka a , b , dan m hendaknya bersifat berdiri sendiri, artinya bebas dari pertimbangan-pertimbangan pengaruhnya terhadap komponen kegiatan yang lain, ataupun terhadap jadwal proyek secara keseluruhan.

Secara umum, seseorang yang sangat akrab suatu aktivitas membuat tiga estimasi berdasarkan pengetahuan dan kemampuan terbaiknya (Taylor III, 2001). Dengan kata lain, estimasi bersifat subjektif.

Setelah menentukan estimasi angka-angka a , m , dan b , maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut te atau kurun waktu yang diharapkan atau *expected duration time (te)*, formulanya adalah sebagai berikut:

$$t_e = \frac{(a + 4m + b)}{6} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dalam persamaan tersebut, setiap a dan b mempunyai bobot satu dan waktu normal (m) memiliki bobot 4. Oleh karena itu total bobotnya adalah 6 (1+1+4) dan dibagi dengan 6 sebagai rata-rata bobot.

Meskipun dalam metode jalur kritis diasumsikan waktu pengerjaan setiap kegiatan secara relatif sudah dapat diperkirakan dengan pasti, tetapi dalam kenyataannya mungkin suatu proyek mempunyai waktu pengerjaan yang tidak dapat diperkirakan dengan pasti. Metode yang telah dirancang untuk menentukan lama waktu pengerjaan kegiatan adalah variabel random dan disebut dengan PERT.

Setelah ditentukan waktu yang diharapkan (t_e), selanjutnya dilakukan perhitungan variabilitas dalam estimasi waktu aktivitas yang didekati dengan persamaan berikut (Gray dkk, 2006) : Persamaan 2.2 menunjukkan simpangan baku (standar deviasi) untuk aktivitas dan Persamaan 2.3 menunjukkan simpangan baku untuk proyek. Simpangan baku dari aktivitas dikuadratkan dalam Persamaan 2.3 yang disebut dengan varians. Dimana jumlah yang dimasukkan hanya aktivitas-aktivitas pada jalur kritis.

$$\sigma_{t_e} = \frac{(b - a)}{6} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\sigma_{T_E} = \sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.5.2 Target Jadwal Penyelesaian

Rata-rata durasi proyek (T_E) adalah jumlah dari semua rata-rata waktu aktivitas sepanjang jalur kritis (jumlah t_e) dan mengikuti distribusi normal (Gray dkk, 2006). Untuk mengetahui probabilitas penyelesaian proyek berdasarkan waktu spesifik digunakan Persamaan 2.4 untuk menghitung nilai Z pada tabel statistik (Z = jumlah simpangan baku dari rata-rata) yang menunjukkan probabilitas penyelesaian proyek dalam waktu yang telah ditetapkan.

$$Z = \frac{T_s - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Keterangan : T_E = durasi jalur kritis
 T_s = durasi proyek terjadwal
 Z = probabilitas (pemenuhan durasi terjadwal)

Nilai angka Z dapat dilihat pada tabel distribusi normal kumulatif sebagai (%) probabilitas pencapaian target proyek.

2.5.3 Prinsip-prinsip Dasar Pembentukan Jaringan pada PERT

Dengan menggunakan konsep *te*, angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi (*the earliest time of occurance – TE*), dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (*the latest time of occurance – TL*), proses identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis, dan *slack* dapat dikerjakan seperti halnya pada CPM, yaitu (Soeharto, 2002) :

1. Perhitungan Maju (*Forward Computation*)

Perhitungan maju yaitu perhitungan saat mulai atau berakhir paling awal dari masing-masing kegiatan dengan anggapan bahwa kegiatan berikutnya dapat dilaksanakan setelah kegiatan sebelumnya selesai, dengan mengikuti tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Menentukan saat mulai paling awal (*Earliest Start Time, ES*), yaitu waktu paling awal dimana suatu kegiatan dapat dimulai, sehingga seluruh pelaksanaan kegiatan tidak terganggu. Dapat ditentukan oleh persamaan berikut :

$$ES(j) = \text{Maks}\{EF(i) \text{ dari seluruh kegiatan terdahulu}\} \dots\dots\dots(2.5)$$

$ES(j) =$	Pilih angka Terbesar dari	$ES(i) + SS(i-j)$ atau $ES(i) + SF(i-j) - D(j)$ atau $EF(i) + FS(i-j)$ atau $EF(i) + FF(i-j) - D(j)$
-----------	---------------------------	--

- b. Menentukan saat selesai paling awal (*Earliest Finish Time, EF*), yaitu waktu selesai paling awal suatu kegiatan antara *event* permulaan jaringan dengan *event* yang bersangkutan, yang dapat berupa *event* akhir ataupun *event-event* lainnya. Dapat ditentukan oleh persamaan berikut :

$$\mathbf{EF(i-j) = ES(i-j) + d(i-j) \dots\dots\dots(2.6)}$$

2. Perhitungan Mundur (*Backward Computation*)

Seperti pada perhitungan maju, perhitungan mundur menghitung saat mulai dan berakhir paling lambat untuk masing-masing kegiatan dengan mengikuti tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Menentukan saat mulai paling lambat (*Latest Start Time, LS*), yaitu waktu paling lambat kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan. Dapat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\mathbf{LS(i-j) = LF(i-j) - d(i-j) \dots\dots\dots(2.7)}$$

- b. Menentukan saat selesai paling lambat (*Latest Finish Time, LF*), yaitu apabila sebelum suatu kegiatan dimulai maka aktivitas terdahulu harus diselesaikan terlebih dahulu. Dapat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\mathbf{LF(j) = \text{Min}\{LS(i) \text{ dari seluruh kegiatan terdahulu}\} \dots\dots\dots(2.8)}$$

$LF(j) =$	Pilih angka Terkecil dari	$LF(j) - FF(i-j)$ atau $LS(j) - FS(i-j)$ atau $LF(j) - FS(i-j) + D(j)$ atau $LS(j) - SS(i-j) + D(j)$
-----------	------------------------------	--

c. Analisis waktu luang (*slack*)

Waktu luang (*slack*) merupakan waktu dimana suatu kegiatan dapat ditunda mulainya tanpa menyebabkan tertundanya proyek secara

keseluruhan. Secara praktis waktu luang berarti lebih banyak kesempatan untuk bekerja, lebih sedikit hal yang harus dikhawatirkan dan kesempatan untuk memindahkan tenaga manusia, mesin-mesin atau pengawasan (*supervision*) pada aktivitas lain yang terletak pada jalur kritis. Waktu luang ditentukan oleh persamaan berikut:

$Slack = LS - ES \text{ atau } LF - EF \dots\dots\dots(2.9)$
--

Spesifikasi jalur kritis dapat dilihat dari *total slack* dan segi pengelolaan mempunyai arti sebagai berikut (Soeharto, 2002) :

a. Jalur Kritis

Jalur ini memerlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek, terutama pada periode perencanaan dan implementasi kegiatan yang bersangkutan, misalnya diberikan prioritas utama dalam alokasi sumber daya yang dapat berupa tenaga kerja, peralatan, material dan modal. Pengalaman menunjukkan bahwa kegiatan-kegiatan kritis suatu proyek umumnya kurang dari 20 % terhadap total pekerjaan, sehingga memberikan perhatian lebih yang dianggap tidak mengganggu kegiatan lain bila telah direncanakan dengan sebaik-baiknya.

b. Jalur Hampir Kritis

Jalur ini memerlukan prioritas perhatian dari pengelola yang tidak sebesar pada kegiatan jalur kritis. Meskipun demikian bila tidak cukup diperhatikan bisa berubah menjadi lintasan kritis karena memiliki *slack* yang tidak besar.

c. Jalur Kurang Kritis

Kegiatan-kegiatan pada jalur ini umumnya dianggap kurang memerlukan perhatian dari pemimpin proyek terutama dari aspek jadwal.

Seringkali dalam proses mempercepat waktu penyelesaian proyek timbul jalur kritis baru. Untuk mengetahui kegiatan-kegiatan kritis, hampir kritis, dan kurang kritis dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Menunjukkan Tingkat Kekritisan Suatu Kegiatan Pada Jaringan Kerja Berdasarkan Gambar 2.3

Kegiatan	Kurun Waktu	Paling Awal		Paling Akhir		Slack	Keterangan
	(D)	ES	EF	LS	LF	LS-ES	
a	3	0	3	0	3	0	Jalur Kritis
b	4	3	7	7	7	2	Hampir Kritis
c	6	7	13	13	13	0	Jalur Kritis
d	7	13	20	20	20	3	Kurang Kritis
e	4	20	24	24	24	2	Hampir Kritis
f	2	3	5	7	7	0	Jalur Kritis
g	4	5	9	11	11	2	Hampir Kritis
h	3	9	12	14	14	2	Hampir Kritis
i	6	12	18	20	20	0	Jalur Kritis
j	8	11	11	14	14	0	Jalur Kritis

Sumber : Soeharto (2002)

2.5.4 Konklusi Langkah-langkah dalam Metode PERT

Untuk melakukan analisis dengan menggunakan metode PERT maka langkah-langkah yang harus dilalui adalah sebagai berikut (Taylor III, 2001) :

1. Langkah 1, menghitung perkiraan waktu aktivitas dan varians dengan menentukan nilai a , m , dan b untuk setiap kegiatan, setelah itu menghitung *mean* (t_e) dan varians dengan menggunakan persamaan di atas.
2. Langkah 2, menentukan waktu tercepat dan terlama setiap simpul dengan menggunakan rata-rata waktu kegiatan hasil dari langkah 1, untuk kemudian dibuat jaringan kerja.
3. Langkah 3, mengidentifikasi garis edar kritis dan menghitung waktu penyelesaian proyek serta varians.
4. Langkah 4, menentukan probabilitas proyek yang dapat dianalisis kemungkinan tercapainya target T dengan menggunakan Rumus 2.4 :

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}}$$

5. Nilai Z tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai probabilitas yang terdapat dalam tabel distribusi normal kumulatif, tabel distribusi normal ini dapat dilihat pada bagian Lampiran B.

2.6 Aktivitas pada Simpul (*Activity On Node, AON*)

Dua pendekatan yang digunakan untuk mengembangkan jaringan proyek adalah *activity-on-node* (AON) dan *activity-on-arrow* (AOA). Pada AON menggunakan *node* untuk menggambarkan sebuah aktivitas. Pada konvensi AON, titik (*node*) menunjukkan kegiatan. Kegiatan yang terletak di dalam *node* merupakan hubungan ketergantungan antar aktivitas proyek yang harus diidentifikasi dan di gabung dalam satu jaringan. Jaringan AON tidak memerlukan garis *dummy* (semu), sedangkan metode jalur kritis, garis *dummy* sangat penting untuk menunjukkan hubungan ketergantungan. Dalam praktek, metode AON mendominasi kebanyakan proyek sehingga banyak paket *software* manajemen proyek, termasuk *Microsoft Project 2003* menggunakan jaringan AON.

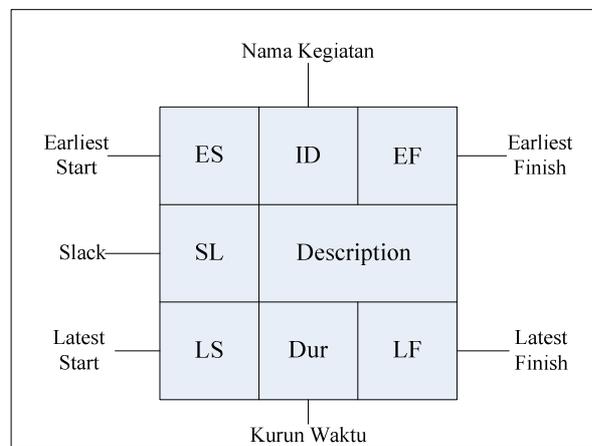
Ada tiga hubungan dasar yang harus dibuat untuk aktivitas-aktivitas yang tercakup pada sebuah jaringan. Hubungan dapat ditemukan dengan menjawab tiga pertanyaan berikut ini untuk masing-masing aktivitas (Gray dkk, 2006) :

1. Aktivitas-aktivitas mana yang harus diselesaikan segera sebelum aktivitas ini? Aktivitas ini disebut aktivitas pendahulu (*predecessor*).
2. Aktivitas mana yang harus seketika mengikuti aktivitas ini? Aktivitas ini disebut aktivitas pengganti (*sucessor*).
3. Aktivitas-aktivitas mana yang dapat terjadi selagi aktivitas ini terjadi? Dikenal sebagai hubungan paralel atau *konkuren*.

Pada AON peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap *node* mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan peristiwa akhir. Ruangan dalam *node* dibagi menjadi kompartemen-kompartemen kecil yang berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Beberapa atribut yang sering dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu (*D*), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (*ES, EF, LS, LF*, dan lain-lain).

Telah disinggung bahwa dalam AON anak panah hanya sebagai penghubung atau memberikan keterangan hubungan antar kegiatan, dan bukan menyatakan kurun waktu kegiatan seperti halnya pada PERT dan CPM (kegiatan

boleh mulai setelah kegiatan yang mendahuluinya selesai), maka hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari *node* terdahulu ke *node* berikutnya dan satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua *node*. Karena setiap *node* memiliki dua ujung yaitu ujung awal (*Start*) dan ujung akhir (*Finish*). Jaringan ini juga mampu menampung kemungkinan kegiatan boleh dimulai sebelum kegiatan yang mendahuluinya selesai 100 %, maka dapat terjadi waktu penyelesaian proyek lebih pendek dibandingkan dengan metode CPM atau PERT. Berikut denah yang lazim digunakan pada jaringan AON seperti terlihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Denah pada jaringan AON
(Sumber : Gray dkk, 2006)

Terdapat 4 macam konstrain menurut Soeharto (2002) yaitu:

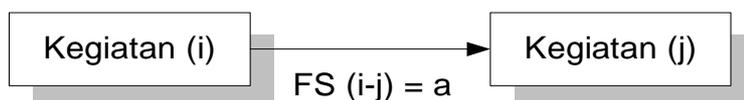
1. Konstrain Selesai ke Mulai (FS: *Finish to Start*), suatu kegiatan dimulai setelah kegiatan yang mendahuluinya selesai. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ yang berarti kegiatan (*j*) mulai *a* hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (*i*) selesai.
2. Konstrain Mulai ke Mulai (SS: *Start to Start*), suatu kegiatan mulai setelah kegiatan terdahulu mulai. Dirumuskan $SS(i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (*j*) mulai setelah *b* hari kegiatan terdahulu *i* mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan (*j*) boleh selesai, atau kegiatan (*j*) boleh dimulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (*i*) selesai.

3. Konstrain Selesai ke Selesai (FF: *Finish to Finish*), suatu kegiatan selesai setelah kegiatan terdahulu selesai. Dirumuskan $FF(i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100%, setelah kegiatan terdahulu telah sekian (c) hari selesai. Besar angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).
4. Konstrain Mulai ke Selesai (SF: *Start to Finish*), suatu kegiatan selesai setelah kegiatan terdahulu mulai. Dirumuskan $SF(i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi, dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

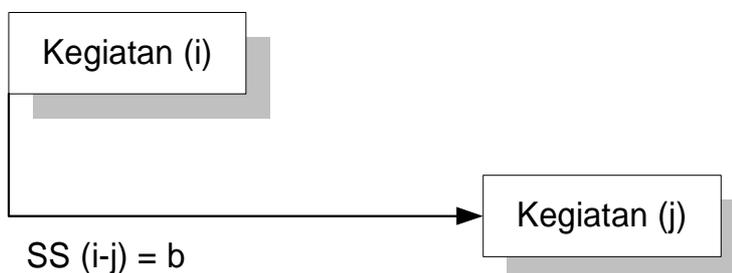
Contoh: 3FS – 70%, yang artinya akan dijalankan setelah tugas nomor 3 berlangsung sebanyak 30 % (70% lagi akan selesai) dan hubungan keduanya adalah *Finish to Start*.

Disamping *constraint* dikenal juga istilah *lead* dan *lag*. *Lead* maksudnya adalah waktu mendahului, sedangkan *lag* adalah terlambat atau tertunda. Penjelasan lebih lanjut seperti terlihat pada Gambar 2.8 berikut :

Constraint FS

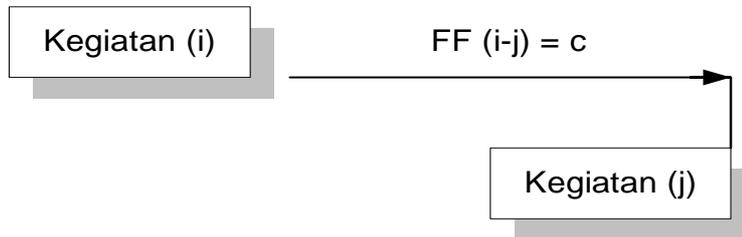


Constraint SS

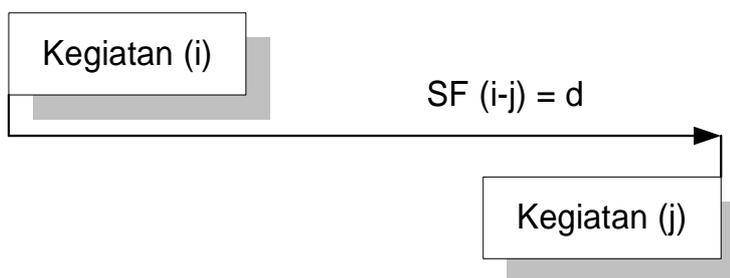


Gambar 2.8 Hubungan Konstrain pada Kegiatan (Sumber : Soeharto, 2002)

Constraint FF



Constraint SF



Catatan:

b dan d disebut *lead time*

a dan c disebut *lag time*

Gambar 2.8 Hubungan Konstrain pada Kegiatan (Lanjutan)

(Sumber : Soeharto, 2002)

Untuk melakukan analisis dengan menggunakan AON, maka langkah-langkah yang harus dilalui adalah sebagai berikut (Soeharto, 2002) :

- a. Membuat denah *node* sesuai dengan jumlah kegiatan dan dengan kurun waktu yang bersangkutan.
- b. Menghubungkan *node-node* tersebut dengan anak panah yang sesuai dengan ketergantungan dan konstrain.
- c. Menyelesaikan diagram jaringan AON yang dilengkapi dengan simbol-simbol.
- d. Menghitung *ES*, *EF*, *LS* dan *LF* untuk mengidentifikasi kegiatan kritis, jalur kritis, *slack* dan waktu penyelesaian proyek.

2.7 Perencanaan Tenaga Kerja

2.7.1 Analisa Kebutuhan Sumber Daya Tenaga Kerja

Sumber daya manusia atau tenaga kerja, sebagai penentu keberhasilan proyek, harus memiliki kualifikasi, keterampilan dan keahlian yang sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai keberhasilan suatu proyek. Perencanaan sumber daya manusia (SDM) dalam suatu proyek mempertimbangkan juga perkiraan jenis, waktu, dan lokasi proyek, baik secara kualitas maupun kuantitas. Faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan tenaga kerja adalah :

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Jumlah tenaga kerja pada periode yang paling maksimal
3. Jumlah tenaga kerja tetap dan tidak tetap
4. Biaya yang dimiliki
5. Jenis pekerjaan

Produktivitas kelompok pekerja adalah kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan (satuan volume pekerjaan) yang dibagi dalam satuan waktu, jam, atau hari.

$$\text{Produktivitas pekerja} = \frac{\text{Produktivitas Crew}}{\text{Banyaknya Crew}} \dots\dots\dots 2.10$$

Produktivitas dapat digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja beserta upah yang harus dibayar (Husen, 2009).

Contoh :

Kemampuan kelompok pekerja (*crew*) untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dinding bata dalam 1 hari adalah 100 m², maka produktivitas = 10 m²/hari.

Bila kelompok pekerja dinding bata terdiri atas 1 orang tukang, 1 orang buruh, dan 1 orang mandor dengan produktivitas 10 m²/hari, maka :

$$\text{Produktivitas 1 Pekerja} = \frac{10 \text{ m}^2 / \text{hari}}{3 \text{ orang}} = 3,33 \text{ m}^2 / \text{oh}$$

Untuk pekerjaan dinding bata dengan volume pekerjaan 100 m², maka :

$$\text{Jumlah pekerja yang dibutuhkan} = \frac{100 m^2}{3,33 m^2 / \text{orang hari}} = 30,3 \text{ orang hari}$$

Jadi jumlah tukang, buruh atau mandor dibutuhkan 30,3 orang hari.

Dengan durasi kegiatan butuh waktu 7 hari penyelesaian, maka jumlah rata-rata tenaga kerja per hari adalah $30,3 / 7 = 5$ orang.

2.7.2 Keterbatasan dan Pemerataan Penggunaan Sumber Daya (*Levelling*)

Salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam hubungan antar jadwal dan sumber daya adalah usaha memakainya secara efisien. Sumber daya yang dimaksud disini adalah berbentuk tenaga kerja. Tenaga kerja merupakan sumber daya yang penting, seringkali penyediannya terbatas. Oleh karena itu, diusahakan jangan terjadi keperluan yang naik turun secara tajam. Metode *PERT* dapat membantu mengatasi masalah ini, yang dikenal dengan pemerataan sumber daya atau *resource levelling*.

Perataan sumber daya (*resource levelling*) adalah meratakan frekuensi alokasi sumber daya dengan tujuan memastikan bahwa jumlah /jenis sumber daya dapat diketahui dari awal dan tersedia bila dibutuhkan (Husen, 2009). Biasanya bila jumlah sumber daya dikurangi, durasi akan bertambah. Sebaliknya, bila jumlah sumber daya ditambah, durasi akan berkurang.

Hal yang perlu diperhatikan dalam perataan sumber daya adalah mengidentifikasi sumber daya yang terbatas dan yang dibutuhkan untuk seluruh jumlah durasi dari suatu proyek. Ini karena alokasi sumber daya yang langka dan ketersediaannya terbatas harus diprioritaskan. Perataan sumber daya dimaksudkan agar alokasi tingkat pemakaian sumber daya dapat diketahui sehingga penyelesaian proyek menjadi lebih logis. Dalam perataan sumber daya, biasanya durasi dianggap tetap, sedangkan jumlah sumber daya diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan ketersediaan.

Tujuan dilakukannya *levelling* adalah untuk mengatasi *overlocated resources* (penempatan sumber daya yang melebihi penggunaan maksimum unit per hari). *Microsoft Project 2003* akan melakukan tindakan *levelling* secara otomatis yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik histogram dan tabel.

Ada dua jenis batasan (*constrains*) yang harus diperhatikan dalam penjadwalan proyek yang berpengaruh terhadap waktu kerja dari suatu kegiatan, yaitu (Husen, 2009) :

1. *Logical constraint*, batasan yang diakibatkan oleh hubungan antar kegiatan.
2. *Resources constraint*, batasan yang diakibatkan oleh ketidaktersediaan sumber daya.

Ada 4 aturan yang dapat diterapkan pada penjadwalan proyek dalam hubungannya dengan alokasi sumber daya yang terbatas, yaitu :

- a. Aturan 1, memprioritaskan kegiatan yang mempunyai nomor *j node* terkecil, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan basis kontinu (*continuous basis*)
- b. Aturan 2, memberikan prioritas pada kegiatan kritis atau hampir kritis dengan total *float* paling rendah, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan cara basis kontinu (*continuous basis*).
- c. Aturan 3, memberikan prioritas pada kegiatan yang mempunyai durasi paling pendek, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan basis kontinu (*continuous basis*).
- d. Aturan 4, setelah satu dari 3 aturan diatas terpenuhi, diberikan prioritas pada kegiatan dengan prioritas rendah dengan cara basis terputus (*non continuous basis*), kemudian dilakukan interupsi oleh kegiatan yang lebih tinggi prioritasnya.

Sedangkan pada pengendalian waktu dilakukan dengan cara memperpendek jadwal yaitu dengan merubah *constraint* dari item pekerjaan. Kemudian akan ditampilkan hasil outputnya berupa *Gantt Chart*, *PERT Chart*, *Tabel Slack Time*, dan *Tabel Detail Pekerjaan kritis*.

2.8 Program Microsoft Project (Ms Project) 2003

Aplikasi *Microsoft Project 2003* merupakan program manajemen proyek yang digunakan untuk perencanaan, penjadwalan dan pengendalian pembuatan grafis informasi proyek dalam memvisualkan hasil dari jaringan kerja yang telah dibuat. Pada *Microsoft Project 2003* penyajiannya dalam bentuk *Bar Chart*, alokasi sumber daya (*Resource*) dan pemerataan penggunaan sumber daya (*Levelling Resource*).

Microsoft Project menggunakan perhitungan *network planning* dan menggunakan diagram *bar chart* atau *gant chart* sebagai tampilan grafisnya agar memudahkan pembacaan (Luthan, dkk 2006). *Microsoft Project* membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya, baik berupa sumber daya manusia, peralatan, maupun bahan. Selain itu *Microsoft Project 2003* juga mampu mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor kegiatan, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur, dan menghitung pengeluaran untuk biaya tenaga kerja untuk beberapa kegiatan. (Luthan, dkk 2006). Laporan yang dihasilkan dapat berupa *visual*, yaitu berupa tampilan dilayar maupun hasil cetak melalui *printer*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan langkah awal dalam penyusunan laporan Tugas Akhir. Penelitian pendahuluan dilakukan pada proyek pembangunan perumahan *real estate* “Bella Vista Garden”, PT. Prima Damai Mandiri Pekanbaru dengan objek penelitian adalah jenis rumah berlantai dua tipe 135/200 m² *Jasmine*. Penelitian pendahuluan ini dilakukan dari bulan Agustus 2009 – September 2009. Dilanjutkan dengan penelitian hingga November 2009. Proyek dimulai pada tanggal 8 Juni 2009 dan harus diselesaikan pada tanggal 30 November 2009.

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan cara observasi langsung ke lapangan. Langkah ini bertujuan untuk melihat permasalahan yang ada dilapangan yang dapat dijadikan sebagai sebuah penelitian. Setelah didapatkan suatu permasalahan, selanjutnya dilakukan wawancara. Wawancara dilakukan kepada Kepala Bagian Lapangan untuk mengetahui kondisi proyek dilapangan secara lebih jelas.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur ini bertujuan untuk mempelajari dan memahami landasan teori yang menunjang dari penelitian tugas akhir ini. Pemahaman tentang konsep konstruksi rumah, metode penjadwalan, model jaringan kerja, dan penggunaan *Microsoft Project 2003*, serta teori-teori yang mendasari metodologi penelitian.

3.3 Perumusan Masalah

Merumuskan masalah diperlukan agar permasalahan yang dikaji dalam penelitian jelas sehingga mempermudah pemecahan masalah. Dari hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan sebelumnya menyeleksi beberapa gejala yang dianggap dapat mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek.

3.4 Tujuan Penelitian

Pada tahap ini tujuan yang akan dicapai adalah yang berhubungan dengan perencanaan dan pengendalian jadwal proyek yang akan mengoptimalkan waktu dan penggunaan tenaga kerja dalam aktivitas proyek agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. Metode Observasi

Yaitu pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai lokasi, keadaan fisik, dan lingkungan perusahaan.

2. Metode Wawancara

Yaitu metode yang dilakukan dengan cara melakukan tanya jawab dengan kepala bagian pelaksana maupun bagian perencanaan dan pengendalian.

3. Studi Pustaka

Yaitu mencari landasan teori dan literatur dari penelitian, sehingga diperoleh suatu dasar pemecahan masalah yang baik.

Dari data yang terkumpul kemudian akan dilakukan analisa dan diaplikasikan pada program *Microsoft Project 2003* dalam perencanaan penjadwalan dan pengendalian proyek yang menitik beratkan pada :

- a. Pembuatan diagram *Activity On Node* (AON)
- b. Pengalokasian sumber daya
- c. Optimasi *schedule*.

3.5.2 Data yang Diperlukan

Pengumpulan data yang diperlukan adalah data-data yang berhubungan dengan pembangunan proyek yang terbagi dalam data primer dan data sekunder yaitu sebagai berikut :

- a. Data primer, yaitu data-data mengenai :
 - 1) Data aktivitas dan durasi pekerjaan konstruksi rumah tipe 135/200 m².

- 2) Data penggolongan atau pengelompokan tenaga kerja berdasarkan masing-masing aktivitas, durasi pekerjaan, item pekerjaan, volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan.
 - 3) Data waktu penyelesaian aktivitas untuk keseluruhan aktivitas sesuai urutan pengerjaan konstruksi tipe rumah *Jasmine* 135/200 m².
- b. Data sekunder, yaitu data-data yang berkaitan dengan perusahaan seperti :
- 1) Data mengenai gambar situasi, denah, potongan dimensi struktur dan jenis tipe rumah. Perusahaan menyediakan empat jenis tipe rumah tinggal dengan dua pilihan gaya rumah klasik dan minimalis, yaitu :
 - a) Tipe Primrose 234/400 m²
 - b) Tipe Chrysant 162/240 m² klasik dan minimalis
 - c) Tipe Jasmine 135/200 m² klasik dan minimalis
 - d) Tipe Lotus 90/200 m²
 - 2) Profil perusahaan dan struktur organisasi.
 - 3) Jumlah tenaga kerja dan jadwal kerja.

Pengadaan bahan material dan peralatan perusahaan dilakukan dengan cara membeli atau memesan agar tidak terjadi keterlambatan dalam proses pengerjaan aktivitas, sedangkan untuk pengadaan tenaga kerja digunakan sistem borongan.

3.6 Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data untuk penerapan manajemen proyek yaitu berdasarkan penjabaran aktivitas dengan urutan pengerjaan dan hubungan ketergantungan dari awal sampai akhir aktivitas konstruksi rumah tipe 135/200 m² *Jasmine*. Secara garis besar urutan langkah-langkah pengolahan data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan waktu untuk tiga angka estimasi yang digunakan dalam perhitungan maju dan mundur. Rumus-rumus yang digunakan antara lain :

$$\text{Mean (te)} = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma_{te}) = \frac{(b - a)}{6}$$

$$\text{Variansi } (\sigma_{te}^2) = \left[\frac{(b - a)}{6} \right]^2$$

$$\text{Probabilitas (Z)} = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{te}^2}}$$

- b. Membuat diagram jaringan AON untuk keseluruhan aktivitas, serta mengidentifikasi jalur kritis dan lamanya proyek konstruksi dapat diselesaikan dengan rumus :

Perhitungan maju :

$$\text{ES(j)} = \text{Maks}\{\text{EF(i) dari seluruh kegiatan terdahulu}\}$$

$$\text{EF(i-j)} = \text{ES(i-j)} + d((i-j))$$

Perhitungan mundur :

$$\text{LS(i-j)} = \text{LF(i-j)} - d(i-j)$$

$$\text{LF(j)} = \text{Min}\{\text{LS(i) dari seluruh kegiatan terdahulu}\}$$

Perhitungan kelonggaran waktu :

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{LF} - \text{EF}$$

- c. Melakukan efisiensi waktu kegiatan dengan menggunakan jaringan aktivitas pada simpul/node yang memiliki konstrain pada kegiatan yang memerlukannya dengan syarat bahwa kegiatan awal tidak mungkin memiliki konstrain karena kegiatan sebelumnya tidak ada.
- d. Melakukan pemerataan sumber daya pada aktivitas yang mengalami kelebihan alokasi jumlah tenaga kerja dengan cara *levelling*.
- e. Penggunaan aplikasi komputer
Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak, yaitu menggunakan program *Microsoft Project 2003*.

3.7 Analisis Hasil

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

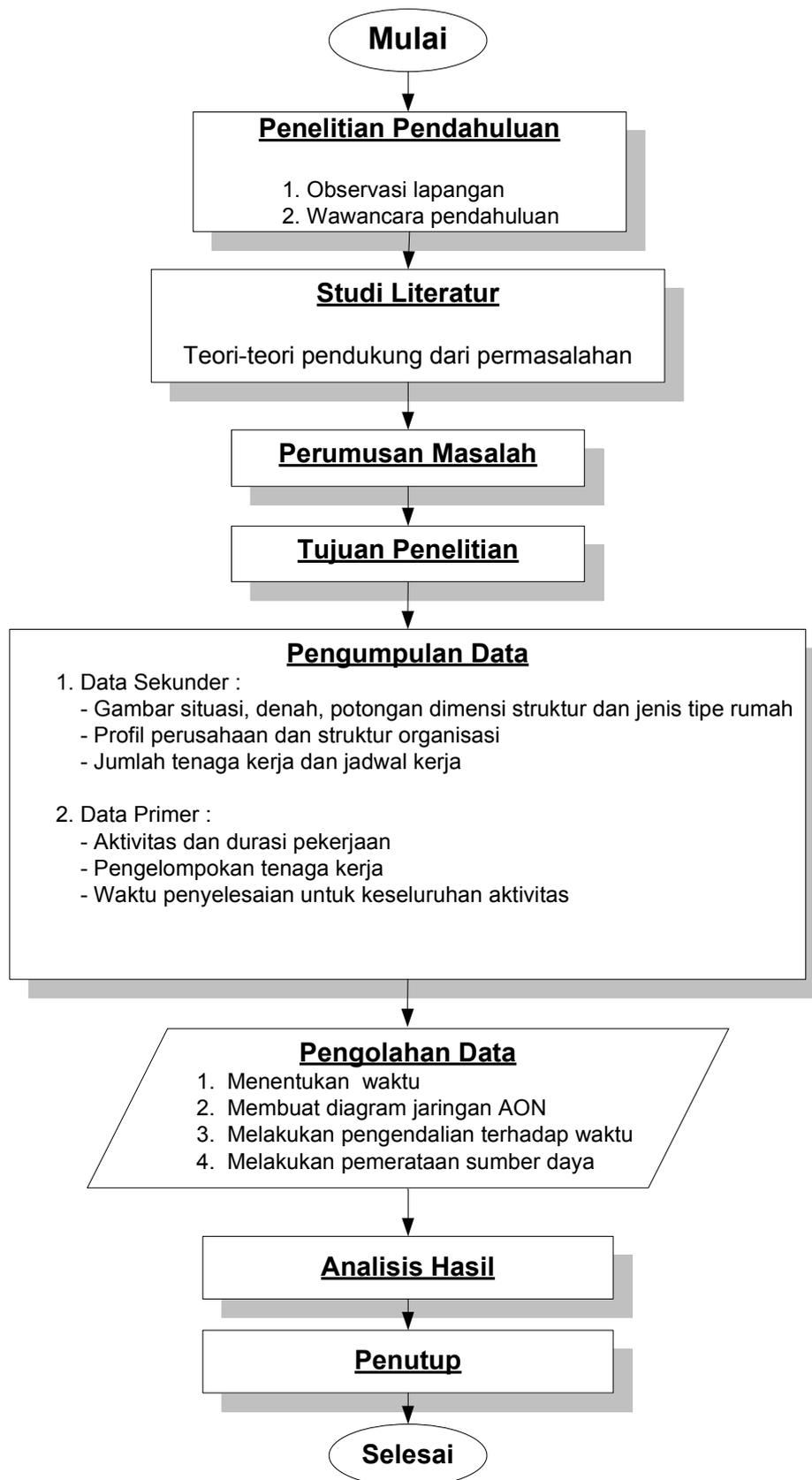
- a. Analisis perencanaan waktu kegiatan berdasarkan hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur serta *slack*.
- b. Analisis jalur kritis (*Critical Path*).
- c. Analisis hasil pemerataan tenaga kerja (*levelling*) dengan penurunan jumlah tenaga kerja yang digunakan pada masing-masing aktivitas.
- d. Analisis perhitungan dengan *Microsoft Project 2003*.

3.8 Penutup

Langkah terakhir dalam metode penelitian adalah penarikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil langkah pemecahan masalah.

3.9 Kerangka Penelitian

Untuk memudahkan pelaksanaan dan pembuatan laporan, maka diperlukan langkah-langkah secara sistematis agar kasus dapat dipecahkan dan diperoleh hasil yang diinginkan. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

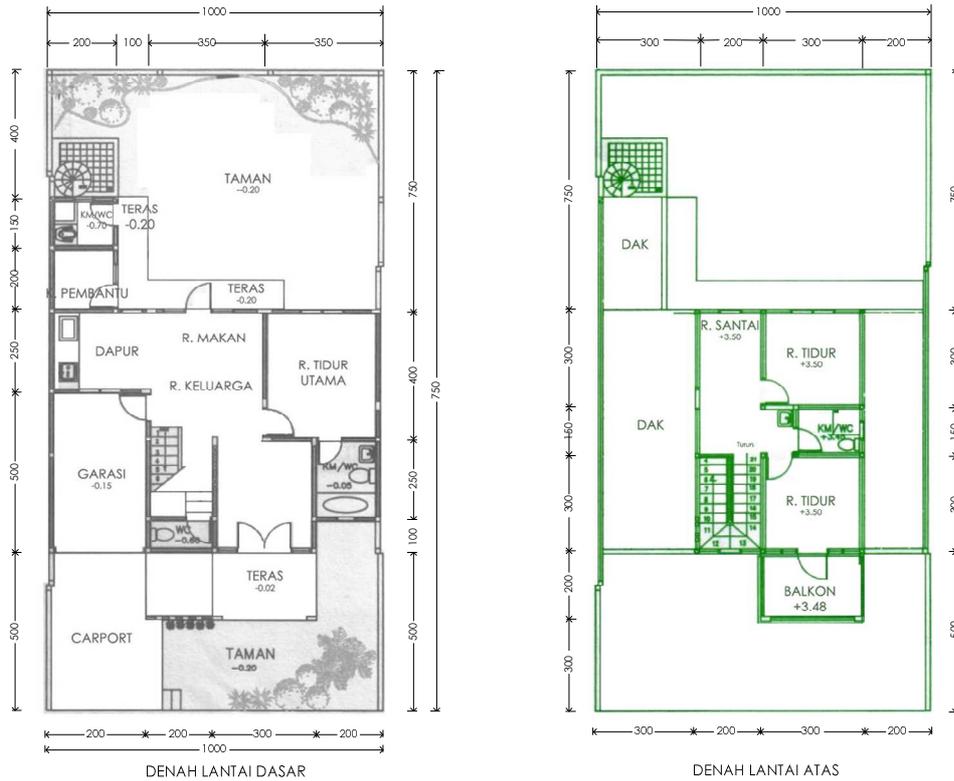
4.1.1 Gambaran Umum

Perumahan “Bella Vista Garden” ini mulai dikembangkan pada awal tahun 2004 oleh PT. Prima Damai Mandiri. Bella Vista Garden berlokasi sangat strategis di kawasan dengan pertumbuhan terpesat di Pekanbaru, tepatnya di kawasan Arengka. Bella Vista Garden menyediakan empat tipe rumah tinggal yang berkualitas dengan gaya rumah klasik dan minimalis, yaitu *Lavender*, *Primrose*, *Chrysant*, *Jasmine*, dan *Primrose*.

Penelitian ini dilakukan terhadap proyek konstruksi rumah tipe 135/200 m² *Jasmine*, yaitu rumah berlantai dua dengan luas bangunan 135 m² dan luas tanah 200 m² kavling I.18 dengan tampak depan seperti Gambar 4.1 serta tampak denah lantai dasar dan lantai atas pada Gambar 4.2 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Tampak Depan Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine*
(Sumber : PT. Prima Damai Mandiri, 2009)



Gambar 4.2 Denah Lantai Dasar dan Lantai Atas (Sumber : PT. Prima Damai Mandiri, 2009)

4.1.2 Pengaturan Jadwal Jam Kerja

Pengaturan jadwal jam kerja yaitu penentuan hari-hari kerja dan jam-jam kerja setiap sumber daya untuk kalender proyek, selama 8 jam kerja dan istirahat 1 jam kerja, yaitu mulai pukul 08.00 sampai pukul 12.00 dan mulai lagi pukul 13:00 sampai pukul 17:00 dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Jadwal Jam Kerja

Hari	Jam Kerja	
Senin	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Selasa	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Rabu	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Kamis	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Jum'at	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Sabtu	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00
Minggu	8:00 – 12:00	13:00 – 17:00

Tabel 4.1 Jadwal Jam Kerja (Lanjutan)

Pengecualian: Tanggal	Jam Kerja
19/09/2009-27/09/2009	Libur
27/11/2009	Libur

Sumber : Kepala Bagian Pelaksana (2009)

4.1.3 Data Uraian Pekerjaan

Uraian pekerjaan untuk masing-masing aktivitas diperoleh secara langsung melalui wawancara serta diskusi yang dilakukan secara bersamaan dengan tenaga ahli (Kepala Bagian Pelaksana) perusahaan. Adapun data uraian pekerjaan untuk masing-masing aktivitas konstruksi rumah tipe 135/200 m² adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Uraian Pekerjaan Untuk Masing-Masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m²

Kegiatan	Act ID	Uraian Pekerjaan
I		PEKERJAAN LANTAI I
	A	Pekerjaan Persiapan
	B	Pekerjaan Pondasi
	C	Pekerjaan Struktur
	D	Pekerjaan Dinding
	E	Pekerjaan Tangga
	F	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela
	G	Pekerjaan Lantai
	H	Pekerjaan Plafon
	I	Pekerjaan Instalasi Listrik
	J	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser
II		PEKERJAAN LANTAI 2
	A	Pekerjaan Struktur
	B	Pekerjaan Dinding
	C	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela
	D	Pekerjaan Lantai
	E	Pekerjaan Plafon
	F	Pekerjaan Instalasi Listrik
	G	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser
	H	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap
II		PEKERJAAN FINISHING
	A	Pekerjaan Pengecatan
	B	Pekerjaan Pagar Samping
	C	Pekerjaan Luar Bangunan
	D	Pekerjaan Lain-lain

Sumber : Kepala Bagian Pelaksana PT. Prima Damai Mandiri (2009)

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data penelitian ini dilakukan sesuai dengan langkah-langkah dalam perencanaan (*planning*) dan pengendalian waktu proyek yaitu :

4.2.1 Perencanaan Waktu

Setelah mengetahui keseluruhan aktivitas serta hubungan ketergantungan masing-masing aktivitas konstruksi rumah tipe 135/200 m² *Jasmine*, maka dilakukan pengumpulan data melalui wawancara langsung dengan tenaga ahli (kepala bagian pelaksana). Berdasarkan pengumpulan data, direncanakan proyek perumahan “Bella Vista Garden” 135/200 m² *Jasmine* PT. Prima Damai Mandiri, selesai dikerjakan selama ± 6 bulan, mulai 8 Juni 2009 sampai 30 November 2009 sesuai dengan Surat Perjanjian Kontrak Nomor : 23/JI - 18/BVG/I/2009 (Lampiran A) atau 176 hari kalender yang dikurangi dengan total hari libur 10 hari sehingga diketahui proyek dikerjakan selama 166 hari kerja.

4.2.1.1 Penjabaran Aktivitas

Penjabaran aktivitas-aktivitas yang harus dikerjakan ditentukan berdasarkan gambar struktural dan teknis lapangan. Penjabaran aktivitas tersebut menunjukkan aktivitas proyek secara keseluruhan, yang digunakan sebagai dasar penentuan volume, durasi aktivitas, dan juga digunakan dalam penjadwalan dengan metode PERT. Penjabaran aktivitas pada konstruksi rumah tipe 135/200 m² yang terjadi mulai dari awal sampai akhir penyelesaian proyek yang terdiri dari 119 aktivitas dan 25 jenis pekerjaan rantai 1 dan rantai 2 seperti terlihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Penjabaran Masing-masing Pekerjaan Berdasarkan Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine*

No	ID	URAIAN PEKERJAAN
1	I	PEKERJAAN LANTAI I
2	A	Pekerjaan Persiapan
3	1	Pek. Pembersihan lokasi
4	2	Pek.pengukuran dan pemasangan bouwplank
5	B	Pekerjaan Pondasi
6	1	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak
7	2	Pek. Galian Tanah Sloof
8	3	Pek. Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak
9	4	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof
10	5	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5
11	6	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5
12	7	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225
13	8	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225
14	9	Pek. Urugan pondasi dan sloof
15	C	Pekerjaan Struktur
16	1	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225
17	2	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225
18	3	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225
19	4	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225
20	5	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225
21	6	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225
22	7	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225
23	8	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225
24	9	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225
25	D	Pekerjaan Dinding
26	1	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm
27	2	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4
28	3	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4
29	4	Pek. Plester motif tiang teras
30	5	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman
31	6	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25 setara roman
32	7	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25 setara roman
33	8	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit
34	E	Pekerjaan Tangga
35	1	Pek. Galian pondasi tangga
36	2	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi
37	3	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5
38	4	Pek. Cor pondasi tangga k.225
39	5	Pek. Urugan tanah pondasi
40	6	Pek. Cor tangga k.225
41	7	Pek.Ralling tangga stalbas
42	8	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit

Tabel 4.3 Penjabaran Masing-masing Pekerjaan Berdasarkan Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	ID	URAIAN PEKERJAAN
43	F	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela
44	1	Kusen Pintu
45	2	Pemasangan Daun pintu double + asesoris
46	3	Kusen Jendela
47	4	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit
48	5	Kusen Aluminium
49	6	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film
50	7	Kusen Type BV
51	8	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit
52	9	Pasangan pintu garasi
53	G	Pekerjaan Lantai
54	1	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan
55	2	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm
56	3	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm
57	4	Pas. Keramik lantai utama 40x40
58	5	Pas. Keramik lantai garase 30x30
59	6	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40
60	7	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40
61	8	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40
62	9	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman
63	10	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman
64	11	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman
65	12	Pas. Plin lantai utama
66	13	Pas. Plin lantai teras depan
67	14	Pas. Plin lantai teras belakang
68	H	Pekerjaan Plafon
69	1	Pek. Plafon gipsum 9 mm + rangka hollo
70	I	Pekerjaan Instalasi Listrik
71	1	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak
72	2	Assesoris amatur lampu komplit
73	J	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser
74	1	Pekerjaan Instalasi air bersih
75	2	Pekerjaan Instalasi air panas
76	3	Pekerjaan Instalasi air kotor
77	4	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris
78	5	Kaca bevel + Kran air+ asesoris
79	6	Pemasangan foodrain setara toto
80	7	Pek. Septictank + resapan

Tabel 4.3 Penjabaran Masing-masing Pekerjaan Berdasarkan Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	ID	URAIAN PEKERJAAN
81	II	PEKERJAAN LANTAI 2
82	A	Pekerjaan Struktur
83	1	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225
84	2	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225
85	3	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225
86	4	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225
87	5	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225
88	B	Pekerjaan Dinding
89	1	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4
90	2	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4
91	3	Pek. Plaster aci lestplang 1:2
92	4	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman
93	5	Pek. Plester motif tiang teras
94	C	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela
95	1	Kusen Pintu
96	2	Pemasangan Daun Pintu + asesoris
97	3	Kusen Jendela
98	4	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit
99	5	Kusen Type BV
100	D	Pekerjaan Lantai
101	1	Pas. Keramik lantai utama
102	2	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman
103	3	Pas. Plin lantai utama
104	E	Pekerjaan Plafon
105	1	Pek. Plafon gipsum 9 mm + rangka hollo
106	F	Pekerjaan Instalasi Listrik
107	1	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak
108	2	Assesoris amatur lampu komplit
109	G	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser
110	1	Pekerjaan Instalasi air bersih
111	2	Pekerjaan Instalasi air panas
112	3	Pasangan unit mesin panas
113	4	Pekerjaan Instalasi air kotor
114	5	Pasangan torent air bersih
115	6	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris
116	7	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris
117	8	Pemasangan foodrain setara toto
118	9	Pek water proofing
119	H	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap
120	1	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust
121	2	Pek. Atap genteng kia
122	3	Pek. Perabung genteng kia
123	4	Pek. Talang air
124	5	Pekerjaan Atap Harus Selesai

Tabel 4.3 Penjabaran Masing-masing Pekerjaan Berdasarkan Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	ID	URAIAN PEKERJAAN
125	III	PEKERJAAN FINISHING
126	A	Pekerjaan Pengecatan
127	1	Pek. Cak air dinding dalam setara ICA
128	2	Pek. Cat air dinding luar setara duluk
129	3	Pek. Cat plafon gipsium
130	4	Pek. Kusen + pintu + jendela duko
131	B	Pekerjaan Pagar Samping
132	1	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof
133	2	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak
134	3	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5
135	4	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3
136	5	Pek. Cor sloof 1:2:3
137	6	Pek. Urugan tanah
138	C	Pekerjaan Luar Bangunan
139	1	Pek. Pot bunga taman depan & belakang
140	2	Pek. Carpot batu sikat
141	3	Pek. taburan batu mangga
142	4	Pek. tanam rumput dan bunga
143	D	Pekerjaan Lain-lain
144	1	Pek. Pembersihan Akhir

Sumber : Kepala Bagian Pelaksana PT. Prima Damai Mandiri (2009)

4.2.1.2 Penyusunan *Time Schedule* Menggunakan PERT

Adapun tahap-tahap penyusunan *time schedule* dengan menggunakan *PERT* antara lain:

1. Menghitung perkiraan waktu masing-masing aktivitas

Diketahui estimasi waktu masing-masing aktivitas yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu yang sering terjadi/waktu normal seperti terlihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perkiraan Estimasi Waktu Masing-masing Aktivitas

No	URAIAN PEKERJAAN	<i>a</i> (hari)	<i>m</i> (hari)	<i>b</i> (hari)
1	PEKERJAAN LANTAI I			
2	Pekerjaan Persiapan			
3	Pek. Pembersihan lokasi	1	1	2
4	Pek.pengukuran dan pemasangan bouwplank	1	1	2
5	Pekerjaan Pondasi			
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak	7	10	14
7	Pek. Galian Tanah Sloof	4	5	6
8	Pek. Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak	1	2	4
9	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof	1	2	4
10	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5	1	2	3
11	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5	2	3	4
12	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225	2	3	4
13	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225	2	3	4
14	Pek. Urugan pondasi dan sloof	2	3	5
15	Pekerjaan Struktur			
16	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225	3	4	5
17	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	2	4	6
18	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	2	3	4
19	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225	2	3	4
20	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225	1	2	3
21	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225	1	2	3
22	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225	1	2	3
23	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225	1	2	3
24	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225	1	2	3
25	Pekerjaan Dinding			
26	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm	2	3	5
27	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	9	13	19
28	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4	14	19	24
29	Pek. Plester motif tiang teras	6	7	9
30	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman	3	4	5
31	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25 setara roman	1	2	3
32	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25 setara roman	1	2	3
33	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit	2	3	5
34	Pekerjaan Tangga			
35	Pek. Galian pondasi tangga	1	1	1
36	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi	1	1	1
37	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5	1	1	1
38	Pek. Cor pondasi tangga k.225	1	2	3
39	Pek. Urugan tanah pondasi	1	1	1
40	Pek. Cor tangga k.225	5	8	10
41	Pek.Ralling tangga stalbas	5	7	10
42	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit	2	3	5

Tabel 4.4 Perkiraan Estimasi Waktu Masing-masing Aktivitas (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	a (hari)	m (hari)	b (hari)
43	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela			
44	Kusen Pintu	2	3	4
45	Pemasangan Daun pintu double + asesoris	1	1	1
46	Kusen Jendela	1	2	3
47	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	2	2	3
48	Kusen Aluminium	1	1	1
49	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film	1	1	1
50	Kusen Type BV	1	1	1
51	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit	1	1	1
52	Pasangan pintu garasi	1	2	3
53	Pekerjaan Lantai			
54	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan	3	4	5
55	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm	2	3	4
56	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm	3	4	5
57	Pas. Keramik lantai utama 40x40	10	15	20
58	Pas. Keramik lantai garase 30x30	1	1	1
59	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40	1	1	1
60	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40	1	1	1
61	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40	1	1	1
62	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman	1	1	1
63	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman	1	1	1
64	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman	1	1	1
65	Pas. Plin lantai utama	5	7	12
66	Pas. Plin lantai teras depan	1	1	1
67	Pas. Plin lantai teras belakang	1	1	1
68	Pekerjaan Plafon			
69	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	15	20	23
70	Pekerjaan Instalasi Listrik			
71	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	10	12	14
72	Assesoris amatur lampu komplit	1	2	3
73	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser			
74	Pekerjaan Instalasi air bersih	5	7	8
75	Pekerjaan Instalasi air panas	1	2	2
76	Pekerjaan Instalasi air kotor	7	8	10
77	Koloset duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1	2	2
78	Kaca bevel + Kran air+ asesoris	1	1	1
79	Pemasangan foodrain setara toto	1	1	1
80	Pek. Septictank + resapan	1	2	3

Tabel 4.4 Perkiraan Estimasi Waktu Masing-masing Aktivitas (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	a (hari)	m (hari)	b (hari)
81	PEKERJAAN LANTAI 2			
82	Pekerjaan Struktur			
83	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	3	5	7
84	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	2	4	6
85	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225	3	5	6
86	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225	4	5	6
87	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225	5	7	10
88	Pekerjaan Dinding			
89	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	7	11	14
90	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4	12	15	20
91	Pek. Plaster aci lestplang 1:2	3	5	7
92	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman	3	4	5
93	Pek. Plester motif tiang teras	5	7	9
94	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela			
95	Kusen Pintu	1	1	1
96	Pemasangan Daun Pintu + asesoris	1	1	1
97	Kusen Jendela	1	1	1
98	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	1	1	1
99	Kusen Type BV	1	1	1
100	Pekerjaan Lantai			
101	Pas. Keramik lantai utama	10	12	14
102	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman	1	1	1
103	Pas. Plin lantai utama	7	10	12
104	Pekerjaan Plafon			
105	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	6	7	8
106	Pekerjaan Instalasi Listrik			
107	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	10	12	14
108	Assesoris amatur lampu komplit	1	2	3
109	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser			
110	Pekerjaan Instalasi air bersih	6	8	9
111	Pekerjaan Instalasi air panas	1	2	2
112	Pasangan unit mesin panas	1	1	2
113	Pekerjaan Instalasi air kotor	7	8	10
114	Pasangan torent air bersih	1	2	3
115	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1	2	2
116	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris	1	1	1
117	Pemasangan foodrain setara toto	1	1	1
118	Pek water proofing	1	1	1
119	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap			
120	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust	3	5	7
121	Pek. Atap genteng kia	2	3	4
122	Pek. Perabung genteng kia	4	5	6
123	Pek. Talang air	1	1	1
124	Pekerjaan Atap Harus Selesai	0	0	0

Tabel 4.4 Perkiraan Estimasi Waktu Masing-masing Aktivitas (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	<i>a</i> (hari)	<i>m</i> (hari)	<i>b</i> (hari)
125	PEKERJAAN FINISHING			
126	Pekerjaan Pengecatan			
127	Pek. Cak air dinding dalam setara ICA	9	12	14
128	Pek. Cat air dinding luar setara duluk	8	10	13
129	Pek. Cat plafon gipsium	4	5	6
130	Pek. Kusen + pintu + jendela duko	20	24	28
131	Pekerjaan Pagar Samping			
132	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof	1	1	2
133	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak	1	1	1
134	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5	1	1	1
135	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3	1	1	1
136	Pek. Cor sloof 1:2:3	1	1	1
137	Pek. Urugan tanah	1	1	1
138	Pekerjaan Luar Bangunan			
139	Pek. Pot bunga taman depan & belakang	1	2	2
140	Pek. Carpot batu sikat	3	4	5
141	Pek. taburan batu mangga	1	1	1
142	Pek. tanam rumput dan bunga	2	3	3
143	Pekerjaan Lain-lain			
144	Pek. Pembersihan Akhir	1	2	2

Sumber : Kepala Bagian Pelaksana PT. Prima Damai Mandiri (2009)

Masing-masing aktivitas disusun sesuai urutan pengerjaannya, dimana aktivitas dalam pekerjaan pendahuluan dimulai dari pembersihan tanah dan pengukuran dan pemasangan bouwplank, dan seterusnya. Untuk lebih jelasnya hubungan ketergantungan antar aktivitas dari tiap peristiwa dapat diperoleh seperti terlihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hubungan Ketergantungan Antar Aktivitas Tiap Peristiwa

No	URAIAN PEKERJAAN	PREDECESSOR
1	PEKERJAAN LANTAI I	
2	Pekerjaan Persiapan	
3	Pek. Pembersihan lokasi	
4	Pek. Pengukuran dan pemasangan bouwplank	3
5	Pekerjaan Pondasi	
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak	4
7	Pek. Galian Tanah Sloof	6
8	Pek. Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak	6FS-2 days
9	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof	7FF
10	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5	8
11	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5	9
12	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225	10
13	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225	11,12
14	Pek. Urugan pondasi dan sloof	13
15	Pekerjaan Struktur	
16	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225	27SS+1 day
17	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	16
18	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	17
19	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225	27FF+1 day,18
20	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225	19
21	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225	20
22	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225	21
23	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225	22
24	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225	23
25	Pekerjaan Dinding	
26	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm	13,14
27	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	44,46
28	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4	71FS-6 days
29	Pek. Plester motif tiang teras	28
30	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman	28
31	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25 setara roman	30
32	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25 setara roman	31
33	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit	28
34	Pekerjaan Tangga	
35	Pek. Galian pondasi tangga	24FS+20 days
36	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi	35FF
37	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5	36
38	Pek. Cor pondasi tangga k.225	37
39	Pek. Urugan tanah pondasi	38
40	Pek. Cor tangga k.225	39
41	Pek. Ralling tangga stalbas	42FS+2 days
42	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit	57,40

Tabel 4.5 Hubungan Ketergantungan Antar Aktivitas Tiap Peristiwa (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	PREDECESSOR
43	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela	
44	Kusen Pintu	26
45	Pemasangan Daun pintu double + asesoris	28
46	Kusen Jendela	26
47	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	28
48	Kusen Aluminium	27FS-4 days
49	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film	28
50	Kusen Type BV	27FS-4 days
51	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit	77,78,79
52	Pasangan pintu garasi	28
53	Pekerjaan Lantai	
54	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan	28
55	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm	54
56	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm	55
57	Pas. Keramik lantai utama 40x40	56
58	Pas. Keramik lantai garase 30x30	57
59	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40	58
60	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40	59
61	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40	60
62	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman	32
63	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman	62
64	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman	63
65	Pas. Plin lantai utama	57FF
66	Pas. Plin lantai teras depan	59FF
67	Pas. Plin lantai teras belakang	60FF
68	Pekerjaan Plafon	
69	Pek. Plafon gipsum 9 mm + rangka hollo	28
70	Pekerjaan Instalasi Listrik	
71	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	24FS+20 days
72	Assesoris amatur lampu komplit	127,128
73	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser	
74	Pekerjaan Instalasi air bersih	28FS-4 days
75	Pekerjaan Instalasi air panas	28FS-4 days
76	Pekerjaan Instalasi air kotor	74
77	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris	62
78	Kaca bevel + Kran air+ asesoris	77
79	Pemasangan foodrain setara toto	77
80	Pek. Septictank + resapan	76FS-3 days

Tabel 4.5 Hubungan Ketergantungan Antar Aktivitas Tiap Peristiwa (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	PREDECESSORS
81	PEKERJAAN LANTAI 2	
82	Pekerjaan Struktur	
83	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	89SS+2 days
84	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	83
85	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225	84
86	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225	85
87	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225	86
88	Pekerjaan Dinding	
89	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	24
90	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4	107FS-6 days
91	Pek. Plaster aci lestplang 1:2	87FS+2 days
92	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman	110,111
93	Pek. Plester motif tiang teras	91
94	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela	
95	Kusen Pintu	89FS-8 days
96	Pemasangan Daun Pintu + asesoris	90
97	Kusen Jendela	89FS-8 days
98	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	90
99	Kusen Type BV	89FS-6 days
100	Pekerjaan Lantai	
101	Pas. Keramik lantai utama	105
102	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman	92
103	Pas. Plin lantai utama	101FF
104	Pekerjaan Plafon	
105	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	91,93,124
106	Pekerjaan Instalasi Listrik	
107	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	86
108	Assesoris amatur lampu komplit	72
109	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser	
110	Pekerjaan Instalasi air bersih	90
111	Pekerjaan Instalasi air panas	90
112	Pasangan unit mesin panas	111
113	Pekerjaan Instalasi air kotor	76
114	Pasangan torent air bersih	110
115	Kolonet duduk +Wastafel setara toto +asesoris	102
116	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris	115
117	Pemasangan foodrain setara toto	115
118	Pek water proofing	102
119	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap	
120	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust	87FS+1 day
121	Pek. Atap genteng kia	120,123
122	Pek. Perabung genteng kia	121
123	Pek. Talang air	120
124	Pekerjaan Atap Harus Selesai	122

Tabel 4.5 Hubungan Ketergantungan Antar Aktivitas Tiap Peristiwa (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	PREDECESSORS
125	PEKERJAAN FINISHING	
126	Pekerjaan pengecatan	
127	Pek. Cak air dinding dalam setara ICA	65,129,130
128	Pek. Cat air dinding luar setara duluk	29,66,67
129	Pek. Cat plafon gipsum	69
130	Pek Kusen + pintu + jendela duko	28,45,47,49,52
131	Pekerjaan Pagar Samping	
132	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof	65
133	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak	132
134	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5	132
135	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3	133,134
136	Pek. Cor sloof 1:2:3	133,134
137	Pek. Urugan tanah	135,136
138	Pekerjaan Luar Bangunan	
139	Pek. Pot bunga taman depan & belakang	137
140	Pek. Carpot batu sikat	139
141	Pek. taburan batu mangga	140
142	Pek. tanam rumput dan bunga	141
143	Pekerjaan Lain-lain	
144	Pek. Pembersihan Akhir	72,108,142

Berdasarkan data estimasi waktu pada Tabel 4.4, maka untuk memperoleh waktu penyelesaian pekerjaan yang diharapkan *Expected time (te)*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada Rumus 2.1. Sedangkan untuk menghitung standar deviasi dan varians dapat digunakan persamaan dengan menggunakan persamaan pada Rumus 2.2 dan 2.3. Sebagai contoh pada aktivitas **Pekerjaan Galian Tanah Pondasi Tapak** (aktivitas ke-6) didapat :

$$Expected\ time\ (te) = \frac{7 + 4(10) + 14}{6} = \frac{61}{6} = 10,17\ \text{hari.}$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma_{te}) = \frac{14-7}{6} = 1,17$$

$$\text{Variansi } (\sigma_{te}^2) = \left(\frac{14-7}{6} \right)^2 = (1,17)^2 = 1,36$$

Hasil perhitungan selengkapnya diperoleh seperti terlihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Perkiraan Waktu Masing-masing Aktivitas, Standar Deviasi, dan Varians Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² Jasmine

No	URAIAN PEKERJAAN	te	σ_{te}	σ_{te}^2
1	PEKERJAAN LANTAI I			
2	Pekerjaan Persiapan			
3	Pek. Pembersihan lokasi	1.17	0.17	0.03
4	Pek.pengukuran dan pemasangan bouwplank	1.17	0.17	0.03
5	Pekerjaan Pondasi			
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak	10.17	1.17	1.36
7	Pek. Galian Tanah Sloof	5.00	0.33	0.11
8	Pek. Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak	2.17	0.50	0.25
9	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof	2.17	0.50	0.25
10	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5	2.00	0.33	0.11
11	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5	3.00	0.33	0.11
12	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225	3.00	0.33	0.11
13	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225	3.00	0.33	0.11
14	Pek. Urugan pondasi dan sloof	3.17	0.50	0.25
15	Pekerjaan Struktur			
16	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225	4.00	0.33	0.11
17	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	4.00	0.67	0.44
18	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	3.00	0.33	0.11
19	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225	3.00	0.33	0.11
20	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225	2.00	0.33	0.11
21	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225	2.00	0.33	0.11
22	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225	2.00	0.33	0.11
23	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225	2.00	0.33	0.11
24	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225	2.00	0.33	0.11
25	Pekerjaan Dinding			
26	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm	3.17	0.50	0.25
27	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	13.33	1.67	2.78
28	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4	19.00	1.67	2.78
29	Pek. Plester motif tiang teras	7.17	0.50	0.25
30	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman	4.00	0.33	0.11
31	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25 setara roman	2.00	0.33	0.11
32	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25 setara roman	2.00	0.33	0.11
33	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit	3.17	0.50	0.25
34	Pekerjaan Tangga			
35	Pek. Galian pondasi tangga	1.00	0.00	0.00
36	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi	1.00	0.00	0.00
37	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5	1.00	0.00	0.00
38	Pek. Cor pondasi tangga k.225	2.00	0.33	0.11
39	Pek. Urugan tanah pondasi	1.00	0.00	0.00
40	Pek. Cor tangga k.225	7.83	0.83	0.69
41	Pek.Ralling tangga stalbas	7.17	0.83	0.69
42	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit	3.17	0.50	0.25

Tabel 4.6 Perkiraan Waktu Masing-masing Aktivitas, Standar Deviasi, dan Varians Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² Jasmine (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	te	σ_{te}	σ_{te}^2
43	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela			
44	Kusen Pintu	3.00	0.33	0.11
45	Pemasangan Daun pintu double + asesoris	1.00	0.00	0.00
46	Kusen Jendela	2.00	0.33	0.11
47	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	2.17	0.17	0.03
48	Kusen Aluminium	1.00	0.00	0.00
49	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film	1.00	0.00	0.00
50	Kusen Type BV	1.00	0.00	0.00
51	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit	1.00	0.00	0.00
52	Pasangan pintu garasi	2.00	0.33	0.11
53	Pekerjaan Lantai			
54	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan	4.00	0.33	0.11
55	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm	3.00	0.33	0.11
56	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm	4.00	0.33	0.11
57	Pas. Keramik lantai utama 40x40	15.00	1.67	2.78
58	Pas. Keramik lantai garase 30x30	1.00	0.00	0.00
59	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40	1.00	0.00	0.00
60	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40	1.00	0.00	0.00
61	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40	1.00	0.00	0.00
62	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman	1.00	0.00	0.00
63	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman	1.00	0.00	0.00
64	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman	1.00	0.00	0.00
65	Pas. Plin lantai utama	7.50	1.17	1.36
66	Pas. Plin lantai teras depan	1.00	0.00	0.00
67	Pas. Plin lantai teras belakang	1.00	0.00	0.00
68	Pekerjaan Plafon			
69	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	19.67	1.33	1.78
70	Pekerjaan Instalasi Listrik			
71	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12.00	0.67	0.44
72	Assesoris amatur lampu komplit	2.00	0.33	0.11
73	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser			
74	Pekerjaan Instalasi air bersih	6.83	0.50	0.25
75	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	0.17	0.03
76	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	0.50	0.25
77	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	0.17	0.03
78	Kaca bevel + Kran air+ asesoris	1.00	0.00	0.00
79	Pemasangan foodrain setara toto	1.00	0.00	0.00
80	Pek. Septictank + resapan	2.00	0.33	0.11

Tabel 4.6 Perkiraan Waktu Masing-masing Aktivitas, Standar Deviasi, dan Varians Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² Jasmine (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	te	σ_{te}	σ_{te}^2
81	PEKERJAAN LANTAI 2			
82	Pekerjaan Struktur			
83	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	5.00	0.67	0.44
84	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	4.00	0.67	0.44
85	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225	4.83	0.50	0.25
86	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225	5.00	0.33	0.11
87	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225	7.17	0.83	0.69
88	Pekerjaan Dinding			
89	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	10.83	1.17	1.36
90	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4	15.33	1.33	1.78
91	Pek. Plaster aci lestplang 1:2	5.00	0.67	0.44
92	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman	4.00	0.33	0.11
93	Pek. Plester motif tiang teras	7.00	0.67	0.44
94	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela			
95	Kusen Pintu	1.00	0.00	0.00
96	Pemasangan Daun Pintu + asesoris	1.00	0.00	0.00
97	Kusen Jendela	1.00	0.00	0.00
98	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	1.00	0.00	0.00
99	Kusen Type BV	1.00	0.00	0.00
100	Pekerjaan Lantai			
101	Pas. Keramik lantai utama	12.00	0.67	0.44
102	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman	1.00	0.00	0.00
103	Pas. Plin lantai utama	9.83	0.83	0.69
104	Pekerjaan Plafon			
105	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	7.00	0.33	0.11
106	Pekerjaan Instalasi Listrik			
107	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12.00	0.67	0.44
108	Assesoris amatur lampu komplit	2.00	0.33	0.11
109	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser			
110	Pekerjaan Instalasi air bersih	7.83	0.50	0.25
111	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	0.17	0.03
112	Pasangan unit mesin panas	1.17	0.17	0.03
113	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	0.50	0.25
114	Pasangan torent air bersih	2.00	0.33	0.11
115	Kolonet duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	0.17	0.03
116	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris	1.00	0.00	0.00
117	Pemasangan foodrain setara toto	1.00	0.00	0.00
118	Pek water proofing	1.00	0.00	0.00
119	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap			
120	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust	5.00	0.67	0.44
121	Pek. Atap genteng kia	3.00	0.33	0.11
122	Pek. Perabung genteng kia	5.00	0.33	0.11
123	Pek. Talang air	1.00	0.00	0.00
124	Pekerjaan Atap Harus Selesai	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.6 Perkiraan Waktu Masing-masing Aktivitas, Standar Deviasi, dan Varians Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² Jasmine (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	te	σ_{te}	σ_{te}^2
125	PEKERJAAN FINISHING			
126	Pekerjaan Pengecatan			
127	Pek. Cak air dinding dalam setara ICA	11.83	0.83	0.69
128	Pek. Cat air dinding luar setara duluk	10.17	0.83	0.69
129	Pek. Cat plafon gipsum	5.00	0.33	0.11
130	Pek Kusen + pintu + jendela duko	24.00	1.33	1.78
131	Pekerjaan Pagar Samping			
132	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof	1.17	0.17	0.03
133	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak	1.00	0.00	0.00
134	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5	1.00	0.00	0.00
135	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3	1.00	0.00	0.00
136	Pek. Cor sloof 1:2:3	1.00	0.00	0.00
137	Pek. Urugan tanah	1.00	0.00	0.00
138	Pekerjaan Luar Bangunan			
139	Pek. Pot bunga taman depan & belakang	1.83	0.17	0.03
140	Pek. Carpot batu sikat	4.00	0.33	0.11
141	Pek. taburan batu mangga	1.00	0.00	0.00
142	Pek. tanam rumput dan bunga	2.83	0.17	0.03
143	Pekerjaan Lain-lain			
144	Pek. Pembersihan Akhir	1.83	0.17	0.03

Sumber : Pengolahan Data *Microsoft Office Excel* (2009)

2. Menentukan waktu tercepat (hitungan maju) & waktu terlama (hitungan mundur) pada setiap simpul

Berdasarkan jaringan pada Lampiran A4 dapat diketahui waktu tercepat dan terlama setiap simpul, dan *activity slack* dengan menggunakan persamaan pada Rumus 2.5, 2.6, 2.7, dan 2.8. Sebagai contoh pada **Pekerjaan Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225** (aktivitas ke-13) didapat :

- a. Perhitungan Maju :

$$ES_{(13)} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Dipilih} \\ \text{angka} \\ \text{terbesar} \\ \text{dari} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} EF_{(11)} = 20,51 \\ EF_{(12)} = 17.69 \end{array}$$

$$\begin{aligned} EF_{(13)} &= ES_{(13)} + d_{((13))} \\ &= 20,51 + 3 = 23,51 \text{ hari} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Mundur :

Contoh pada aktivitas **Galian Tanah Pondasi Tapak** (aktivitas ke-3)

$$LF_{(6)} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Dipilih} \\ \text{angka} \\ \text{terkecil} \\ \text{dari} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} LS_{(7)} = 12,51 \\ LS_{(8)} = 13,34 + 2 = 15,34 \end{array}$$

$$LS_{(6)} = LF_{(6)} - d_{(6)} = 12,51 - 10,17 = 2,34 \text{ hari}$$

c. Berdasarkan hasil perhitungan maju dan mundur, maka Total *Slack* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada Rumus 2.9, contoh pada aktivitas **Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225** (aktivitas ke-12) didapat:

$$Slack = LS_{(12)} - ES_{(12)} = 17,51 - 14,69 = 2,82 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan selengkapnya diperoleh seperti terlihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Tabulasi Hasil Perhitungan *ES*, *EF*, *LS*, *LF* dan *Slack* Jaringan Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² Jasmine

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	ES	EF	LS	LF	S	KETERANGAN
1	PEKERJAAN LANTAI I							
2	Pekerjaan Persiapan							
3	Pek. Pembersihan lokasi	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	Jalur kritis
4	Pek. Pengukuran dan pemasangan bouwplank	1.17	1.17	2.34	1.17	2.34	0.00	Jalur kritis
5	Pekerjaan Pondasi							
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak	10.17	2.34	12.51	2.34	12.51	0.00	Jalur kritis
7	Pek. Galian Tanah Sloof	5	12.51	17.51	12.51	17.51	0.00	Jalur kritis
8	Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak	2.17	10.51	12.69	13.34	15.51	2.83	Hampir kritis
9	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof	2.17	15.34	17.51	15.34	17.51	0.00	Jalur kritis
10	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5	2	12.69	14.69	15.51	17.51	2.82	Hampir kritis
11	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5	3	17.51	20.51	17.51	20.51	0.00	Jalur kritis
12	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225	3	14.69	17.69	17.51	20.51	2.82	Hampir kritis
13	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225	3	20.51	23.51	20.51	23.51	0.00	Jalur kritis
14	Pek. Urugan pondasi dan sloof	3.17	23.51	26.68	23.51	26.68	0.00	Jalur kritis
15	Pekerjaan Struktur							
16	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225	4	33.85	37.85	33.85	37.85	0.00	Jalur kritis
17	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	4	37.85	41.85	37.85	41.85	0.00	Jalur kritis
18	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	3	41.85	44.85	41.85	44.85	0.00	Jalur kritis
19	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225	3	44.85	47.85	44.85	47.85	0.00	Jalur kritis
20	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225	2	47.85	49.85	47.85	49.85	0.00	Jalur kritis
21	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225	2	49.85	51.85	49.85	51.85	0.00	Jalur kritis
22	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225	2	51.85	53.85	51.85	53.85	0.00	Jalur kritis
23	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225	2	53.85	55.85	53.85	55.85	0.00	Jalur kritis
24	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225	2	55.85	57.85	55.85	57.85	0.00	Jalur kritis
25	Pekerjaan Dinding							
26	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm	3.17	26.68	29.85	26.68	29.85	0.00	Jalur kritis
27	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	13.33	32.85	46.18	32.85	46.18	0.00	Jalur kritis
28	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4	19	83.85	102.85	83.85	102.85	0.00	Jalur kritis
29	Pek. Plester motif tiang teras	7.17	102.85	110.02	124.68	131.85	21.83	Non kritis
30	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman	4	102.85	106.85	135.02	139.02	32.17	Non kritis

Tabel 4.7 Tabulasi Hasil Perhitungan *ES, EF, LS, LF* dan *Slack* Jaringan Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	ES	EF	LS	LF	S	KETERANGAN
31	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25 setara roma	2	106.85	108.85	139.02	141.02	32.17	Non kritis
32	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25 setara roman	2	108.85	110.85	141.02	143.02	32.17	Non kritis
33	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit	3.17	102.85	132.02	135.51	140.68	32.66	Non kritis
34	Pekerjaan Tangga							
35	Pek. Galian pondasi tangga	1	77.85	78.85	124.68	125.68	46.83	Non kritis
36	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi	1	77.85	78.85	124.68	125.68	46.83	Non kritis
37	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5	1	78.85	79.85	125.68	126.68	46.83	Non kritis
38	Pek. Cor pondasi tangga k.225	2	79.85	81.85	126.68	128.68	46.83	Non kritis
39	Pek. Urugan tanah pondasi	1	81.85	82.85	128.68	129.68	46.83	Non kritis
40	Pek. Cor tangga k.225	7.83	82.85	90.68	129.68	135.51	46.83	Non kritis
41	Pek.Ralling tangga stalbas	7.17	132.02	139.19	140.68	147.85	8.66	Non kritis
42	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit	3.17	128.85	132.02	135.51	140.68	6.66	Non kritis
43	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela							
44	Kusen Pintu	3	29.85	32.85	29.85	32.85	0.00	Jalur kritis
45	Pemasangan Daun pintu double + asesoris	1	102.85	105.85	103.19	106.19	0.34	Hampir kritis
46	Kusen Jendela	2	29.85	31.85	30.85	32.85	1.00	Hampir kritis
47	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	2.17	102.85	105.02	104.02	106.19	1.17	Hampir kritis
48	Kusen Aluminium	1	42.18	43.18	146.85	147.85	104.67	Non kritis
49	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film	1	102.85	103.85	105.19	106.19	2.34	Kurang kritis
50	Kusen Type BV	1	42.18	43.18	146.85	147.85	104.67	Non kritis
51	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit	1	114.68	115.68	146.85	147.85	32.17	Non kritis
52	Pasangan pintu garasi	2	102.85	104.85	104.19	106.19	1.34	Hampir kritis
53	Pekerjaan Lantai							
54	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan	4	102.85	106.85	102.85	106.85	0.00	Jalur kritis
55	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm	3	106.85	109.85	106.85	109.85	0.00	Jalur kritis
56	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm	4	109.85	113.85	109.85	113.85	0.00	Jalur kritis
57	Pas. Keramik lantai utama 40x40	15	113.85	128.85	113.85	128.85	0.00	Jalur kritis
58	Pas. Keramik lantai garase 30x30	1	128.85	129.85	128.85	129.85	0.00	Jalur kritis
59	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40	1	129.85	130.85	129.85	130.85	0.00	Jalur kritis
60	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40	1	130.85	131.85	130.85	131.85	0.00	Jalur kritis

Tabel 4.7 Tabulasi Hasil Perhitungan *ES, EF, LS, LF* dan *Slack* Jaringan Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	ES	EF	LS	LF	S	KETERANGAN
61	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40	1	131.85	132.85	146.85	147.85	15.00	Non kritis
62	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman	1	110.85	111.85	143.02	144.02	32.17	Non kritis
63	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman	1	111.85	112.85	145.85	146.85	34.00	Non kritis
64	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman	1	112.85	113.85	146.85	147.85	34.00	Non kritis
65	Pas. Plin lantai utama	7.5	121.35	128.85	122.69	130.19	1.34	Hampir kritis
66	Pas. Plin lantai teras depan	1	129.85	130.85	130.85	131.85	1.00	Hampir kritis
67	Pas. Plin lantai teras belakang	1	130.85	131.85	130.85	131.85	0.00	Jalur kritis
68	Pekerjaan Plafon							
69	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	19.67	102.85	122.52	105.52	125.19	2.67	Hampir kritis
70	Pekerjaan Instalasi Listrik							
71	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12	77.85	89.95	77.85	89.95	0.00	Jalur kritis
72	Assesoris amatur lampu komplit	2	142.02	144.02	142.02	144.02	0.00	Jalur kritis
73	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser							
74	Pekerjaan Instalasi air bersih	6.83	102.85	109.68	124.68	131.51	21.83	Non kritis
75	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	102.85	104.68	146.02	147.85	43.17	Non kritis
76	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	109.68	117.85	131.51	139.68	21.83	Non kritis
77	Kolosek duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	111.85	113.68	144.20	145.85	32.35	Non kritis
78	Kaca bevel + Kran air+ asesoris	1	113.68	114.68	145.85	146.85	32.17	Non kritis
79	Pemasangan foodrain setara toto	1	113.68	114.68	145.85	146.85	32.17	Non kritis
80	Pek. Septictank + resapan	2	117.85	121.85	143.85	147.85	26.00	Non kritis
81	PEKERJAAN LANTAI 2							
82	Pekerjaan Struktur							
83	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	5	59.85	64.85	77.19	82.19	17.34	Non kritis
84	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	4	64.85	68.85	82.19	86.19	17.34	Non kritis
85	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225	4.83	68.85	73.68	86.19	91.02	17.34	Non kritis
86	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225	5	73.68	78.68	91.02	96.02	17.34	Non kritis
87	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225	7.17	78.68	85.85	96.02	103.19	17.34	Non kritis

Tabel 4.7 Tabulasi Hasil Perhitungan *ES, EF, LS, LF* dan *Slack* Jaringan Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	ES	EF	LS	LF	S	KETERANGAN
88	Pekerjaan Dinding							
89	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	10.83	57.85	68.68	75.19	86.02	17.34	Non kritis
90	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4	15.33	84.68	100.01	115.86	131.19	31.18	Non kritis
91	Pek. Plaster aci lestplang 1:2	5	87.85	92.85	106.19	111.19	18.34	Non kritis
92	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman	4	107.84	111.84	139.02	143.02	31.18	Non kritis
93	Pek. Plester motif tiang teras	7	92.85	99.85	111.19	118.19	18.34	Non kritis
94	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela							
95	Kusen Pintu	1	60.68	61.68	146.85	147.85	86.17	Non kritis
96	Pemasangan Daun Pintu + asesoris	2	100.01	102.01	145.85	147.85	45.84	Non kritis
97	Kusen Jendela	1	60.68	61.68	146.85	147.85	86.17	Non kritis
98	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	1	100.01	101.01	146.85	147.85	46.84	Non kritis
99	Kusen Type BV	1	62.68	63.68	146.85	147.85	84.17	Non kritis
100	Pekerjaan Lantai							
101	Pas. Keramik lantai utama	12	107.85	119.85	135.85	147.85	28.00	Non kritis
102	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman	1	111.84	112.84	143.02	144.02	31.18	Non kritis
103	Pas. Plin lantai utama	9.83	110.02	119.85	138.02	147.85	28.00	Non kritis
104	Pekerjaan Plafon							
105	Pek. Plafon gipsum 9 mm + rangka hollo	7	100.85	107.85	118.19	125.19	17.34	Non kritis
106	Pekerjaan Instalasi Listrik							
107	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12	78.68	90.68	109.86	121.86	31.18	Non kritis
108	Assesoris amatur lampu komplit	2	144.02	146.02	144.02	146.02	0.00	Jalur kritis
109	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser							
110	Pekerjaan Instalasi air bersih	7.83	100.01	107.84	131.19	139.02	31.18	Non kritis
111	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	100.01	101.84	137.19	139.02	37.18	Non kritis
112	Pasangan unit mesin panas	1.17	101.84	103.01	146.68	147.85	44.84	Non kritis
113	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	114.85	123.02	139.68	147.85	24.83	Non kritis
114	Pasangan torent air bersih	2	107.84	109.84	145.85	147.85	38.01	Non kritis
115	Kolonet duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	112.84	114.68	144.02	145.85	31.18	Non kritis
116	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris	1	114.68	115.68	145.85	146.85	31.17	Non kritis

Tabel 4.7 Tabulasi Hasil Perhitungan *ES, EF, LS, LF* dan *Slack* Jaringan Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² *Jasmine* (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	ES	EF	LS	LF	S	KETERANGAN
117	Pemasangan foodrain setara toto	1	115.68	116.68	146.85	147.85	31.17	Non kritis
118	Pek water proofing	1	112.84	113.84	146.85	147.85	34.01	Non kritis
119	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap							Non kritis
120	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust	5	86.85	91.85	104.19	109.19	17.34	Non kritis
121	Pek. Atap genteng kia	3	92.85	95.85	110.19	113.19	17.34	Non kritis
122	Pek. Perabung genteng kia	5	95.85	100.85	113.19	118.19	17.34	Non kritis
123	Pek. Talang air	1	91.85	92.85	109.19	110.19	17.34	Non kritis
124	Pekerjaan Atap Harus Selesai	0	100.85	100.85	118.19	118.19	17.34	Non kritis
125	PEKERJAAN FINISHING							
126	Pekerjaan Pengecatan							
127	Pek. Cat air dinding dalam setara ICA	11.83	129.85	141.68	130.19	142.02	0.34	Hampir kritis
128	Pek. Cat air dinding luar setara Dulux	10.17	131.85	142.02	131.85	142.02	0.00	Jalur kritis
129	Pek. Cat Plafon Gypsum	5	122.52	127.52	125.19	130.19	2.67	Hampir kritis
130	Pek. Kusen + pintu + jendela Duko	24	105.85	129.85	106.19	130.19	0.34	Hampir kritis
131	Pekerjaan Pagar Samping							
132	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof	1.17	128.85	130.02	132.19	133.36	3.34	Kurang kritis
133	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak	1	130.02	131.02	133.36	134.36	3.34	Kurang kritis
134	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5	1	130.02	131.02	133.36	134.36	3.34	Kurang kritis
135	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3	1	131.02	132.02	134.36	135.36	3.34	Kurang kritis
136	Pek. Cor sloof 1:2:3	1	131.02	132.02	134.36	135.36	3.34	Kurang kritis
137	Pek. Urugan tanah	1	132.02	133.02	135.36	136.36	3.34	Kurang kritis
138	Pekerjaan Luar Bangunan							
139	Pek. Pot bunga taman depan & belakang	1.83	133.02	134.85	136.36	138.19	3.34	Kurang kritis
140	Pek. Carpot batu sikat	4	134.85	138.35	138.19	142.19	3.34	Kurang kritis
141	Pek. taburan batu mangga	1	138.85	139.85	142.19	143.19	3.34	Kurang kritis
142	Pek. tanam rumput dan bunga	2.83	139.85	142.68	143.19	146.02	3.34	Kurang kritis
143	Pekerjaan Lain-lain							
144	Pek. Pembersihan Akhir	1.83	164.02	147.85	164.02	147.85	0.00	Jalur kritis

Sumber : Pengolahan Data (2009)

- Mengidentifikasi garis edar kritis dan menghitung waktu penyelesaian proyek serta varians

Dari perhitungan Tabel 4.6 berikut terlihat bahwa jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan 3 - 4 - 6 - 7 - 9 - 11 - 13 - 14 - 26 - 44 - 27 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 71 - 28 - 54 - 55 - 56 - 57 - 58 - 59 - 60 - 67 - 128 - 72 - 108 - 144 dengan total waktu penyelesaian proyek selama 147,85 hari.

- Menentukan probabilitas proyek yang dapat dianalisis kemungkinan tercapainya target T dapat menggunakan Persamaan 2.4.

Diketahui waktu penyelesaian proyek (TE) = 147,85 hari, di asumsikan target penyelesaian proyek (T) sebesar 166 hari, sedangkan Varians (σ_{te}^2) dari garis edar kritis diperoleh :

$$\begin{aligned} \sum \sigma_{te}^2 &= 0,03 + 0,03 + 1,36 + 0,11 + 0,25 + 0,11 + 0,11 + 0,25 + 0,25 + \\ &0 + 2,78 + 0,11 + 0,44 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + \\ &0,11 + 0,44 + 2,78 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 2,78 + 0 + 0 + 0 + \\ &0 + 0,69 + 0,11 + 0,11 + 0,03 = 14 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\sigma_{TE} = \sqrt{14} = 3,74 \text{ hari}$$

Dengan standar deviasi (σ) adalah $\sqrt{3,74} = 1,93$

Diasumsikan total penyelesaian proyek mengikuti probabilitas distribusi normal sehingga diperoleh :

$$Z = \frac{166 - 147,85}{3,74} = 4,85$$

Probabilitas yang berhubungan dengan $Z = 4,85$ adalah 0,9999 (Pada tabel distribusi normal kumulatif), maka $(T \leq 166) = 99,99 \%$. Hal ini berarti kemungkinan proyek akan selesai pada target $T = 166$ hari adalah sebesar 99,99%. Dari sifat distribusi normal, diperoleh waktu tercepat dan waktu terlama penyelesaian proyek sebagai berikut :

$$\text{Waktu tercepat } (a) = te - 3\sigma = 147,85 - (3 \times 1,93) = 142,04 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu terlama } (b) = te + 3\sigma = 147,85 + (3 \times 1,93) = 153,65 \text{ hari}$$

Gambar Kurva Distribusi Normal dapat dilihat pada Lampiran E.

4.2.2 Pengalokasian Sumber Daya

Penempatan sumber daya sangat berpengaruh terhadap jalannya suatu proyek. Oleh sebab itu perlu penanganan yang serius terhadap penempatan sumber daya tersebut. Adapun penggolongan untuk masing-masing tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Penggolongan/Klasifikasi Tenaga Kerja

No.	Pekerja	Inisial	Unit/Orang
1	Mandor	M	1
2	Tukang Kayu	Tk	3
3	Tukang Batu	Tb	4
4	Tukang Listrik	Tl	1
5	Tukang Cat	Tc	3
6	Tukang Pipa	Tp	2
7	Tukang Keramik	Tke	3
8	Tukang Gali	Tg	3
9	Tukang Besi	Tbs	3
10	Tukang Cor	Tco	3
11	Tukang	T	4
12	Pekerja	P	10

Sumber : PT. Prima Damai Mandiri (2009)

Langkah selanjutnya adalah menentukan alokasi jumlah tenaga kerja untuk masing-masing aktivitas konstruksi rumah tipe 135/200 m² *Jasmine*. Data jumlah alokasi tenaga kerja untuk masing-masing aktivitas konstruksi merupakan data hasil analisa perhitungan dengan menggunakan perbandingan kemampuan kelompok pekerja dan data estimasi lapangan melalui pendekatan tenaga ahli, sehingga secara teknis suatu aktivitas dapat diselesaikan. Adapun kemampuan kelompok pekerja untuk beberapa jenis pekerjaan secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Kemampuan Kelompok Pekerja PT. Prima Damai Mandiri

No.	Uraian Kegiatan	Kelompok Pekerja (Crew)	Kemampuan Kerja (Produktivitas)
1	Pekerjaan Tanah	1 Pekerja 1 Tukang Gali	5 m ³ /hari
2	Pekerjaan Dinding Bata	1 Pekerja 1 Tukang Batu 1 Mandor	650 Bata/hari (20 m ² /hari)
3	Pekerjaan Dinding Plester	1 Pekerja 1 Tukang Batu 1 Mandor	20 m ² /hari
4	Pekerjaan Dinding Keramik	1 Pekerja 1 Tukang Keramik 1 Mandor	8 m ² /hari
5	Pemasangan Lantai Keramik	1 Pekerja 1 Tukang Keramik 1 Mandor	15 m ² /hari
6	Pekerjaan Cor Beton	1 Pekerja 1 Tukang Cor 1 Mandor	4 m ³ /hari
7	Pekerjaan Pembesian	1 Pekerja 1 Tukang Besi 1 Mandor	140 Kg/hari
8	Pekerjaan Bekisting	1 Pekerja 1 Tukang Kayu 1 Mandor	5 m ² /hari
9	Pekerjaan Pemasangan Kusen	1 Tukang Kayu	4 unit/hari
10	Pekerjaan Pemasangan Jendela dan pintu	1 Pekerja 1 Tukang Kayu	5 unit/hari
11	Plint Lantai	1 Tukang Keramik	15 m ¹ /hari

Sumber : PT. Prima Damai Mandiri (2009)

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dihitung alokasi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masing-masing pekerjaan konstruksi rumah tipe 135/200 m² Jasmine. Contoh pada aktivitas **Galian Tanah Pondasi Tapak** (aktivitas 6) dan **Pekerjaan Pasangan Dinding Batu** (aktivitas 27) dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah tenaga kerja sebagai berikut :

Tabel 4.10 Contoh Perhitungan Alokasi Kebutuhan Tenaga Kerja Konstruksi

Pekerjaan Galian Tanah Pondasi Tapak					
Asumsi :					
- Berdasarkan Perhitungan					
Analisa					
- 1 Crew	Pekerja	:	1	P	OH
	Tukang gali	:	1	Tg	OH
- Produktivitas		:	5.00		m ³ /H
- Volume		:	39.95		m ³
- Durasi		:	10.17		H
Produktivitas 1 TK = $\frac{\text{Produktivitas Crew}}{\text{Banyaknya Crew}}$			2.50		m ³ /OH
- Jumlah TK yang dibutuhkan		:	15.98		OH
- Jadi Jlh TK rata-rata perhari adalah		:	2		OH
	Pekerja	:	1	P	OH
	Tukang gali	:	1	Tg	OH
Pekerjaan Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4					
Asumsi :					
- Berdasarkan Perhitungan					
Analisa					
- 1 Crew	Pekerja	:	1	P	OH
	Tukang Batu	:	1	Tb	OH
	Mandor	:	1	M	OH
- Produktivitas		:	10.00		m ² /H
- Volume		:	204.40		m ²
- Durasi		:	13.33		H
Produktivitas 1 TK = $\frac{\text{Produktivitas Crew}}{\text{Banyaknya Crew}}$			3.33		m ² /OH
- Jumlah TK yang dibutuhkan		:	61.32		OH
- Jadi Jlh TK rata-rata perhari adalah		:	5		OH
	Pekerja	:	2	P	OH
	Tukang Batu	:	2	Tb	OH
	Mandor	:	1	M	OH

Hasil perhitungan dan estimasi alokasi jumlah tenaga kerja untuk keseluruhan aktivitas dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.11 Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja untuk masing-masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m²

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	VOLUME	SATUAN	Tenaga Kerja		Total Tenaga Kerja
					Tukang	Pekerja	
1	PEKERJAAN LANTAI I						
2	Pekerjaan Persiapan						
3	Pek. Pembersihan lokasi	1.17	30.00	m ²		2	2
4	Pek.pengukuran dan pemasangan bouwplank	1.17	60.00	m ¹	1 Tk	2	3
5	Pekerjaan Pondasi						
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Tapak	10.17	39.95	m ³	1 Tg	1	2
7	Pek. Galian Tanah Sloof	5	14.13	m ³	1 Tg	1	2
8	Pek. Pek. Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak	2.17	1.90	m ³		1	1
9	Pek. Urugan Pasir Dibawah Sloof	2.17	2.36	m ³		2	2
10	Pek. Cor Lantai Bawah Pondasi Tapak Kerja 1:3:5	2	1.90	m ³	1 Tco	1	2
11	Pek. Cor Lantai Bawah Sloof Kerja 1:3:5	3	2.36	m ³	1 Tco	1	2
12	Pek. Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225	3	9.05	m ³	2 Tk, 4 Tbs, 1 Tco	8	15
13	Pek. Cor Sloof Beton Bertulang 20x30 K.225	3	7.07	m ³	4 Tk, 2 Tbs, 1 Tco	8	15
14	Pek. Urugan pondasi dan sloof	3.17	29.45	m ³		2	2
15	Pekerjaan Struktur						
16	Pek. Cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 k.225	4	0.50	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
17	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	4	2.20	m ³	2 Tk, 1 Tbs, 1 Tco	1	5
18	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	3	0.33	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
19	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K4) 10x10 k.225	3	0.11	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
20	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B3) 20x35 k.225	2	0.71	m ³	3 Tk, 2 Tbs	4	9
21	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B4) 20x45 k.225	2	0.69	m ³	3 Tk, 2 Tbs	4	9
22	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B1) 15x30 k.225	2	0.65	m ³	3 Tk, 2 Tbs	4	9
23	Pek. Cor beton bertulang Balok lantai (B2) 20x30 k.225	2	2.16	m ³	3 Tk, 2 Tbs	4	9
24	Pek. Cor Plat lantai t = 120mm k.225	2	11.88	m ³	3 Tco	8	11
25	Pekerjaan Dinding						
26	Pek. Pas. Batu bata 1/2 batu trasram 1:2 t = 30 cm	3.17	38.25	m ²	1 Tb	2	3
27	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	13.33	204.40	m ²	2 Tb	2	4
28	Pek. Plaster + aci dinding bata 1:4	19	352.51	m ²	2 Tb	1	3
29	Pek. Plester motif tiang teras	7.17	1.00	Ls	1 Tb	1	2
30	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc utama 20x33 setara roman	4	23.76	m ²	1 Tke	1	2

Tabel 4.11 Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja untuk masing-masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	VOLUME	SATUAN	Tenaga Kerja		Total Tenaga Kerja
					Tukang	Pekerja	
31	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc bawah tangga 20x25	2	12.00	m ²	1 Tke	1	2
32	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc pembantu 20x25	2	10.50	m ²	1 Tke	1	2
33	Pek. Pas. Dinding batu alam andesit	3.17	5.00	m ²	1 Tb		1
34	Pekerjaan Tangga						
35	Pek. Galian pondasi tangga	1	0.67	m ³	1 Tg		1
36	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi	1	0.04	m ³		1	1
37	Pek. Cor lantai kerja 1:3:5	1	0.04	m ³		1	1
38	Pek. Cor pondasi tangga k.225	2	0.18	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
39	Pek. Urugan tanah pondasi	1	0.50	m ³		1	1
40	Pek. Cor tangga k.225	7.83	1.50	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
41	Pek.Ralling tangga stalbas	7.17	7.20	m ¹	2 T	1	3
42	Pas. Keramik lantai tangga 60x60 granit	3.17	10.80	m ²	1 Tke	1	2
43	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela						
44	Kusen Pintu	3	7	unit	1 Tk		1
45	Pemasangan Daun pintu double + asesoris	1	1	bh	1 Tk	1	2
46	Kusen Jendela	2	6	unit	1 Tk		1
47	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	2.17	12	bh	2 Tk	1	3
48	Kusen Aluminium	1	1	unit	1 Tbs		1
49	Pemasangan Kaca mati 5 mm + kertas film	1	1	unit	1 Tk		1
50	Kusen Type BV	1	2	unit	1 Tk		1
51	Kusen + Pintu PVC km/wc komplit	1	1	unit	1 Tk		1
52	Pasangan pintu garasi	2	1	unit	2 Tk		2
53	Pekerjaan Lantai						
54	Pek. Urugan tanah bawah lantai dipadatkan	4	33.41	m ³	2 Tg	1	3
55	Pek. Urugan pasir bawah lantai t = 5cm	3	5.57	m ³	2 Tg		2
56	Pek. Cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 t = 5 cm	4	5.57	m ³	2 Tg	1	3
57	Pas. Keramik lantai utama 40x40	15	71.00	m ²	1 Tke	1	2
58	Pas. Keramik lantai garase 30x30	1	15.00	m ²	1 Tke	1	2
59	Pas. Keramik lantai teras depan 40x40	1	6.00	m ²	1 Tke		1
60	Pas. Keramik lantai teras belakang 40x40	1	5.36	m ²	1 Tke		1

Tabel 4.11 Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja untuk masing-masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	VOLUME	SATUAN	Tenaga Kerja		Total Tenaga Kerja
					Tukang	Pekerja	
61	Pas. Keramik lantai k. pembantu 40x40	1	4.00	m ²	1 Tke		1
62	Pas. Keramik lantai km/wc utama 20x20 setara roman	1	5.00	m ²	1 Tke		1
63	Pas. Keramik lantai km/wc bawah tangga 20x20 setara roman	1	2.00	m ²	1 Tke		1
64	Pas. Keramik lantai km/wc pembantu 20x20 setara roman	1	3.00	m ²	1 Tke		1
65	Pas. Plin lantai utama	7.5	63.80	m ¹	1 Tke		1
66	Pas. Plin lantai teras depan	1	14.00	m ¹	1 Tke		1
67	Pas. Plin lantai teras belakang	1	7.30	m ¹	1 Tke		1
68	Pekerjaan Plafon						
69	Pek. Plafon gipsium 9 mm + rangka hollo	19.67	106	m ²	2 T	2	4
70	Pekerjaan Instalasi Listrik						
71	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12	33	bh	1 Tl	1	2
72	Assesoris amatur lampu komplit	2	25	bh	1 Tl	1	2
73	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser						
74	Pekerjaan Instalasi air bersih	6.83	66.00	m ¹	1 Tp	1	2
75	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	1.00	Titik	1 Tp	1	2
76	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	150.50	m1	2 Tp	1	3
77	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	4.00	unit	1 Tke		1
78	Kaca bevel + Kran air+ asesoris	1	8.00	unit	1 Tke		1
79	Pemasangan foodrain setara toto	1	3.00	bh	1 Tke		1
80	Pek. Septictank + resapan	2	2.00	bis beton	1 Tg	1	2
81	LANTAI 2						
82	Pekerjaan Struktur						
83	Pek. Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 k.225	5	0.90	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco	1	4
84	Pek. Cor beton bertulang kolom Praktis (K1) 10x10 k.225	4	0.23	m ³	1 Tk, 1 Tbs, 1 Tco		3
85	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB2) 13x35 k.225	4.83	2.89	m ³	2 Tk, 1 Tbs	1	3
86	Pek. Cor beton bertulang ring balok (RB4) 20x30 k.225	5	1.02	m ³	1 Tk, 1 Tbs	1	2
87	Pek. Cor beton lestplang t=120 mm k.225	7.17	4.85	m ³	2 Tk, 1 Tbs, 2 Tco	6	11

Tabel 4.11 Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja untuk masing-masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	VOLUME	SATUAN	Tenaga Kerja		Total Tenaga Kerja
					Tukang	Pekerja	
88	Pekerjaan Dinding						
89	Pek. Pas. Dinding batu bata 1/2 batu 1:4	10.83	207.63	m ²	3 Tb	2	5
90	Pek. Plaster aci dinding bata 1:4	15.33	392.85	m ²	2 TB	1	3
91	Pek. Plaster aci lestplang 1:2	5	24.38	m ²	2 TB	1	2
92	Pek. Pas. Dinding keramik km/wc anak 20x25 setara roman	4	18.48	m ²	1 Tke	1	2
93	Pek. Plester motif tiang teras	7	1.00	Ls	1 Tb	1	2
94	Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela						
95	Kusen Pintu	1	6	unit	2 Tk		2
96	Pemasangan Daun Pintu + asesoris	2	7	bh	1 Tk	1	2
97	Kusen Jendela	1	4	unit	1 Tk		1
98	Pemasangan Daun jendela + kaca 5 mm + asesoris komplit	1	6	bh	1 Tk	1	2
99	Kusen Type BV	1	1	Unit	1 Tk		1
100	Pekerjaan Lantai						
101	Pas. Keramik lantai utama	12	45.00	m ²	1 TkE	1	2
102	Pas. Keramik lantai km/wc anak 20x20 setara roman	1	3.00	m ²	1 Tke		1
103	Pas. Plin lantai utama	9.83	53.70	m ¹	1 Tke		1
104	Pekerjaan Plafon						
105	Pek. Plafon gipsum 9 mm + rangka hollo	7	86.70	m ²	2 T	2	4
106	Pekerjaan Instalasi Listrik						
107	Instalasi titik Lampu +Stop Kontak	12	16	bh	1 Tl	1	2
108	Assesoris amatur lampu komplit	2	17	bh	1 Tl	1	2
109	Pekerjaan Instalasi Air dan Sanitaser						
110	Pekerjaan Instalasi air bersih	7.83	24.50	m ¹	1 Tp		1
111	Pekerjaan Instalasi air panas	1.83	1.00	titik	1 Tp	1	2
112	Pasangan unit mesin panas	1.17	1.00	unit	1 Tp	1	2
113	Pekerjaan Instalasi air kotor	8.17	224.50	m ¹	2 Tp	2	4
114	Pasangan torent air bersih	2	1.00	unit	1 T	1	2
115	Koloret duduk +Wastafel setara toto +asesoris	1.83	2.00	unit	1 Tke		1
116	Kaca bevel + Kran wastafel + asesoris	1	3.00	unit	1 Tke		1

Tabel 4.11 Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja untuk masing-masing Aktivitas Konstruksi Rumah Tipe 135/200 m² (Lanjutan)

No	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	VOLUME	SATUAN	Tenaga Kerja		Total Tenaga Kerja
					Tukang	Pekerja	
117	Pemasangan foodrain setara toto	1	2.00	bh	1 Tke		1
118	Pek water proofing	1	1.00	area	1 T		1
119	Pekerjaan Rangka dan Tutup Atap						
120	Pek. Kuda-kuda baja ringan union trust	5	74.56	m ²	1 T	1	2
121	Pek. Atap genteng kia	3	74.56	m ²	2 T	1	3
122	Pek. Perabung genteng kia	5	28.50	m ¹	2 T	1	3
123	Pek. Talang air	1	3.00	m ¹	2 T	1	3
124	Pekerjaan Atap Harus Selesai	0			-	-	
125	Pekerjaan Finishing						
126	Pekerjaan Pengecatan						
127	Pek. Cak air dinding dalam setara ICA	11.83	490.17	m ²	2 Tc	1	3
128	Pek. Cat air dinding luar setara duluk	10.17	173.01	m ²	2 Tc	1	3
129	Pek. Cat plafon gipsium	5	192.70	m ²	1 Tc	1	2
130	Pek Kusen + pintu + jendela duko	24	162.40	unit	1 Tc	1	2
131	Pekerjaan Pagar Samping						
132	Pek. Galian pondasi tapak dan sloof	1.17	2.29	m ³	1 Tg	1	2
133	Pek. Urugan pasir bawah pondasi tapak	1	1.26	m ³		1	1
134	Pek. Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5	1	0.05	m ³	1 Tco	1	2
135	Pek. Cor beton bertulang pondasi tapak 1:2:3	1	0.05	m ³	1 Tco		1
136	Pek. Cor sloof 1:2:3	1	0.13	m ³	1 Tco		1
137	Pek. Urugan tanah	1	0.63	m ³		1	1
138	Pekerjaan Luar Bangunan						
139	Pek. Pot bunga taman depan & belakang	1.83	2.00	unit	1 Tb		1
140	Pek. Carpot batu sikat	4	15.00	m ²	1 Tb		1
141	Pek. taburan batu mangga	1	1.00	Ls		1	1
142	Pek. tanam rumput dan bunga	2.83	1.00	1.00		1	1
143	Pekerjaan Lain-lain	1.83					
144	Pek. Pembersihan Akhir	1.83	1.00	Ls		4	4

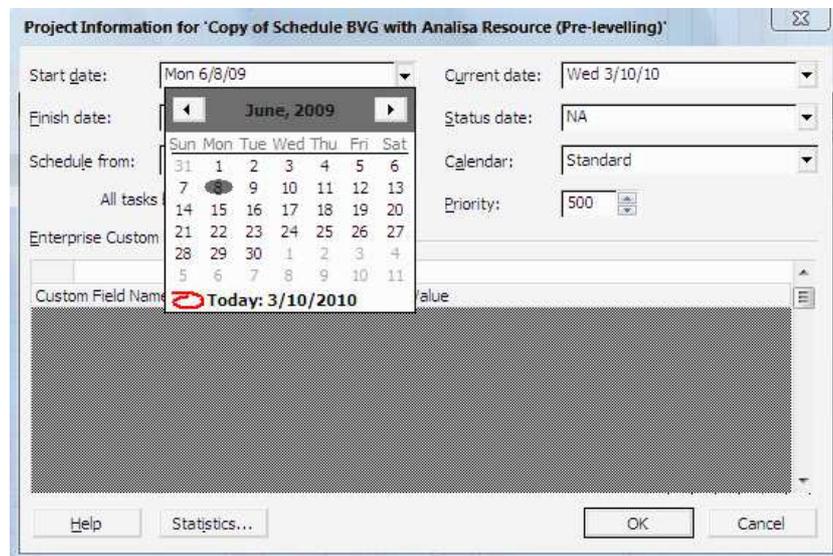
Sumber : Pengolahan Data dan Kepala Bagian Pelaksana PT. Prima Damai Mandiri (2009)

4.2.3 Penyusunan *Time Schedule* Menggunakan *Microsoft Project 2003*

Sedangkan tahap-tahap penyusunan *time schedule* untuk penyelesaian proyek rumah tipe 135/200 m² dengan menggunakan *Microsoft Project 2003* antara lain adalah :

1. Menentukan tanggal proyek

Untuk memulai penyusunan *time schedule* dengan Ms. Project, terlebih dahulu ditentukan tanggal mulai proyek. Adapun cara menentukan tanggal proyek dengan memilih menu **F**ile, **N**ew (Ctrl + N). selanjutnya akan muncul menu *Project Information* seperti berikut :

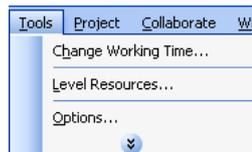


Gambar 4.3 Menu *Project Information*

2. Menentukan hari kerja dan jam kerja

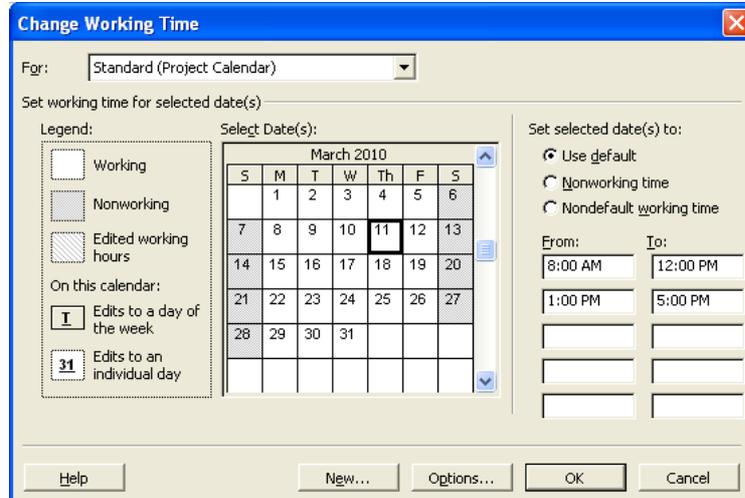
Pada kasus penelitian ini berlaku 7 hari kerja dengan jam kerja 08:00-12:00 dan 13:00-17:00. Cara mengubah hari kerja adalah dengan langkah-langkah berikut :

- a. Memilih menu **T**ools, **C**hange working.



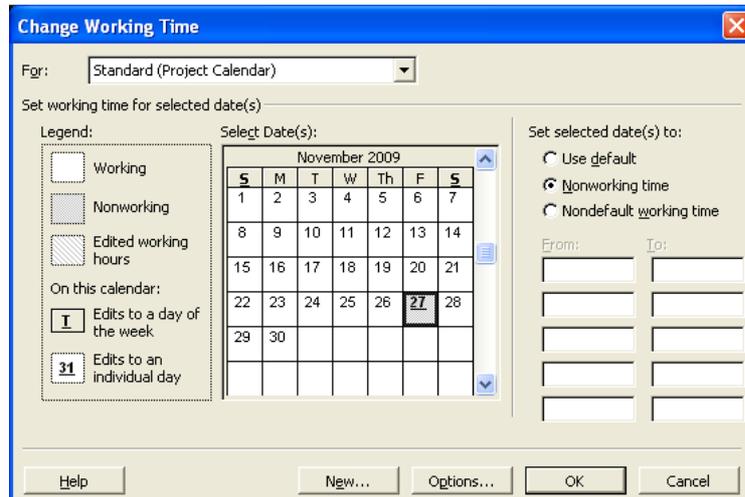
Gambar 4.4 Menu *Tools*

- b. Pada hari Sabtu dan Minggu terlihat berwarna abu-abu yang berarti tidak bekerja. Tekan tombol S untuk hari Sabtu, lalu aktifkan tab Nondefault **W**orking Time. Lakukan hal yang sama pada hari Minggu.



Gambar 4.5 Menu *Change Working Time*

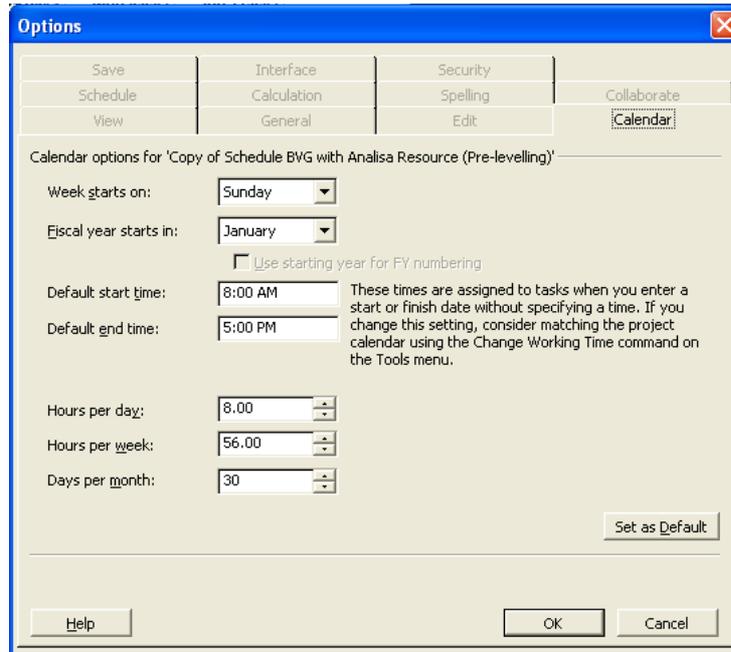
- c. Menentukan hari libur dilakukan dengan cara menandai tanggal dengan meletakkan kursor pada tanggal libur 27 November 2009 (Idul Adha), selanjutnya pilih *Nonworking time* sehingga akan ada tanda libur pada grafik *Gantt Chart*.



Gambar 4.6 Menandai Hari Libur

d. Mengubah jam kerja per minggu per bulan

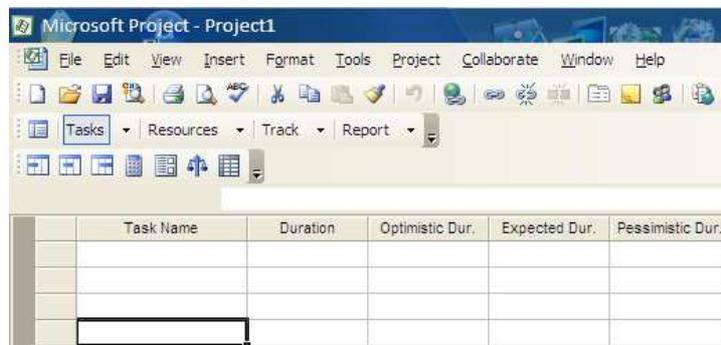
Setelah prosedur diatas dijalankan, ubah jam kerja per minggu dan per bulannya dengan menekan **O**ption dan menyesuaikan jam per minggunya.



Gambar 4.7 Mengubah Jam Kerja per Minggu per Bulan

3. Memasukkan item pekerjaan dan penentuan durasi pekerjaan

Setelah hari kerja dan jam kerja ditentukan, langkah selanjutnya memasukkan item pekerjaan dan durasi pekerjaan. Adapun tahapan dalam memasukkan item pekerjaan dan durasi pekerjaan adalah pada lembar kerja *Ms. Project* yang sudah tersedia pilih tabel **PERT Entry Sheet** pada toolbars, sehingga muncul tampilan lembar kerja seperti berikut :



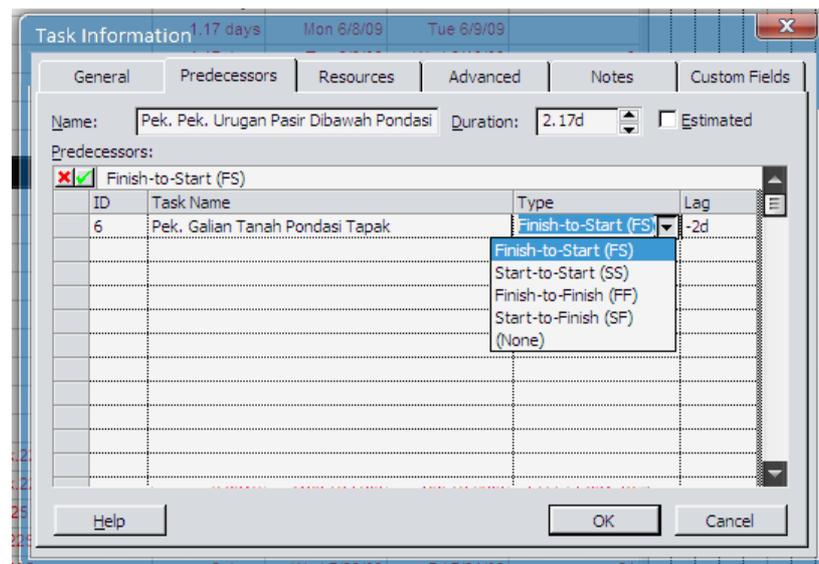
Gambar 4.8 Lembar Kerja *PERT Entry Sheet*

Selanjutnya masukkan item pekerjaan pada kolom *Task Names* dan dilanjutkan dengan pengisian durasi pekerjaan pada kolom *Optimistic Duration (a)*, *expected Duration (m)*, dan *Pessimistic Duration (b)*.

Setelah masing-masing durasi dimasukkan selanjutnya dilakukan perhitungan Duration dengan menekan icon **PERT Calculate** . Hasil output mengenai item pekerjaan dan durasi secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran G.

4. Menentukan hubungan antar pekerjaan (*Predecessors*) dan tanggal mulai (*start*) dari item pekerjaan

Setelah memasukkan item pekerjaan dan penentuan durasi, selanjutnya menentukan hubungan antar pekerjaan dengan menggunakan analisis AON. Cara mengisikan predecessor dilakukan dengan menekan icon *Task Information*  atau klik dua kali kegiatan. Akan muncul menu *Task Information*. Isikan task name dengan ketergantungan kegiatan, kemudian jenis hubungan kegiatan pada kolom *type* dan *lag* jika ada, seperti contoh berikut :



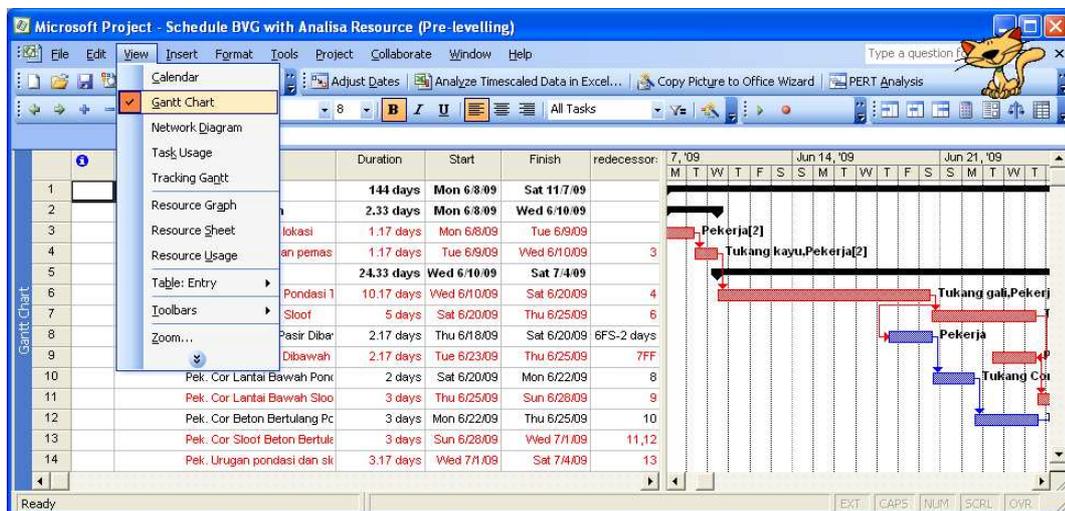
Gambar 4.9 Menu *Task Information Predecessors*

Hasil dari output hubungan antar pekerjaan dan durasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran H.

Setelah tahap-tahap tersebut dilakukan, maka akan didapat hasil/output yang dapat digunakan untuk tahap selanjutnya. Adapun *output* tersebut antara lain:

a. *Gantt Chart*

Pada *Gantt Chart* dapat diperoleh informasi mengenai item pekerjaan, durasi, waktu pelaksanaan dari item pekerjaan (waktu mulai dan selesai), diagram batang dari item pekerjaan. Untuk menampilkan *Gantt Chart* pada pada lembar kerja Ms. Project dengan cara memilih menu **V**iew pada toolbars, kemudian pilih **G**antt Chart. Seperti tampilan berikut ini :

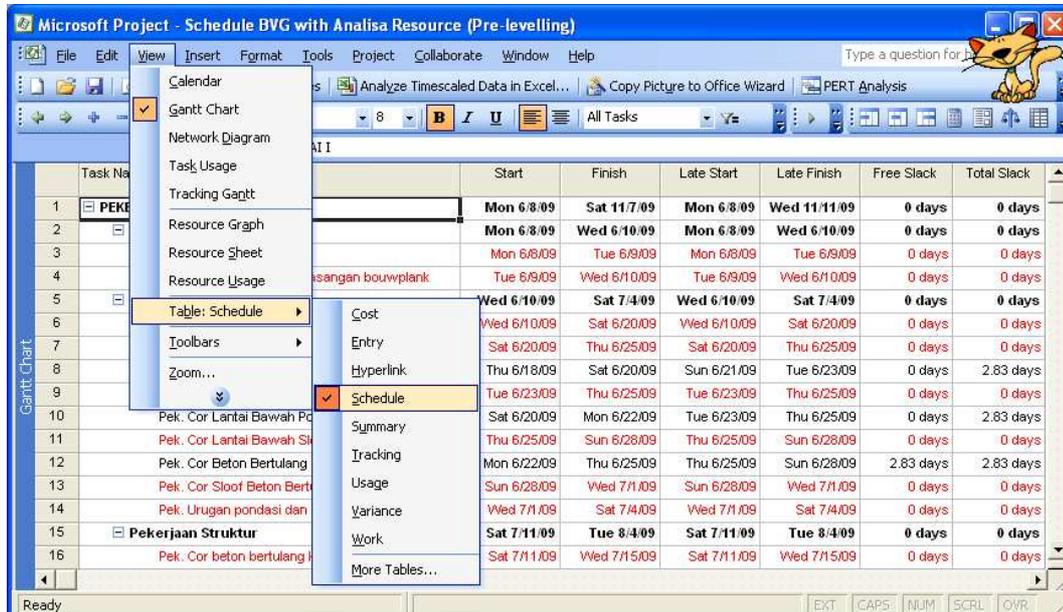


Gambar 4.10 Tampilan *Gantt Chart*

b. Tabel *Slack Time*

Hasil *output* yang lain yaitu berupa tabel *Slack Time* yang berisi informasi mengenai waktu mulai paling awal (*earliest start*), waktu selesai paling awal (*earliest finish*), waktu mulai paling akhir (*late start*), waktu selesai paling akhir (*late finish*). Semua informasi tersebut berguna untuk tindakan pengendalian (*Levelling*). Pada tabel *Slack Time* juga terdapat tabel detail pekerjaan kritis. Pada tabel ini diperoleh informasi mengenai item pekerjaan yang dilengkapi dengan *predecessors*, durasi, tanggal mulai dan selesainya item pekerjaan. Tabel ini berguna untuk tindakan pengendalian serta kontrol untuk mengetahui pekerjaan-pekerjaan yang perlu

penanganan serius. Untuk menampilkan tabel *Slack Time* pada *Ms. Project* dilakukan dengan cara memilih menu **V**iew pada toolbars, lalu pilih **T**able, kemudian pada **T**able pilih **S**chedule atau seperti contoh tampilan berikut :

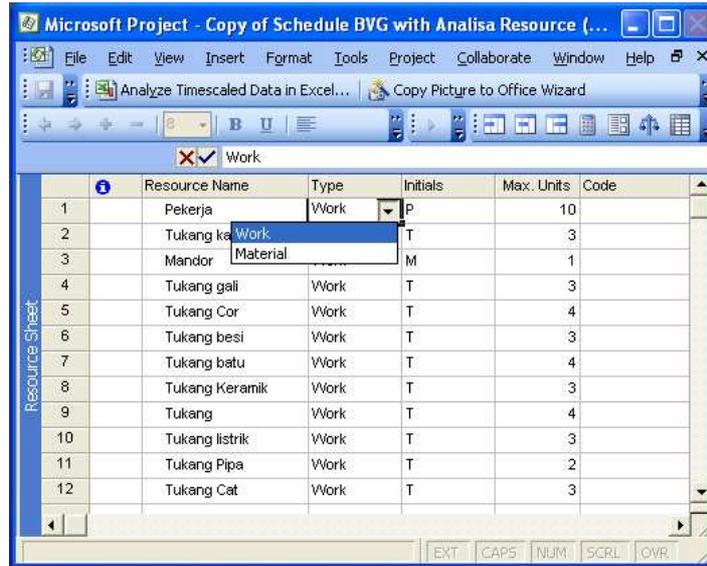


Gambar 4.11 Tampilan *Slack Time* dan Detail Pekerjaan Kritis

Hasil dari *output Slack Time* dan detail pekerjaan kritis secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran I.

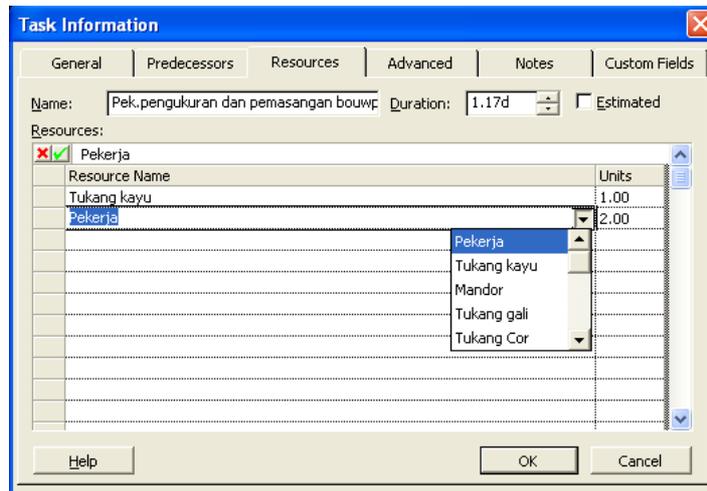
5. Alokasi Sumber Daya

Setelah menentukan jumlah sumber daya yang dibutuhkan, selanjutnya memasukkan jumlah sumber daya tersebut yang disesuaikan dengan klasifikasi pada item pekerja ke dalam *Microsoft Project 2003*. Untuk memasukkan sumber daya terlebih dahulu tukar tampilan *Gantt Chart* menjadi *Resource Sheet* dengan cara memilih menu **V**iew, lalu pilih **R**esource **S**heet. Masukkan sumber daya pada kolom *Resource Names* sesuai dengan jenis sumber daya pada kolom *Type* dan jumlah maksimum sumber daya yang tersedia pada kolom *Max. Units* seperti contoh tampilan diberikut ini :



Gambar 4.12 Lembaran Kerja Sumber Daya

Selanjutnya masukkan jumlah sumber daya yang dibutuhkan pada masing-masing pekerjaan. Sebelum memasukkan sumber daya terlebih dahulu harus mengubah tampilan *Resource Sheet* menjadi tampilan *Gantt Chart*. Setelah tampilannya diubah, lakukan *double-click* pada *Task Name* sehingga muncul tampilan *Task Information* kemudian pada tab *Resources* masukkan sumber daya dan jumlah unitnya sesuai dengan kebutuhan atau dapat dilihat pada contoh berikut :



Gambar 4.13 *Task Information Resources*

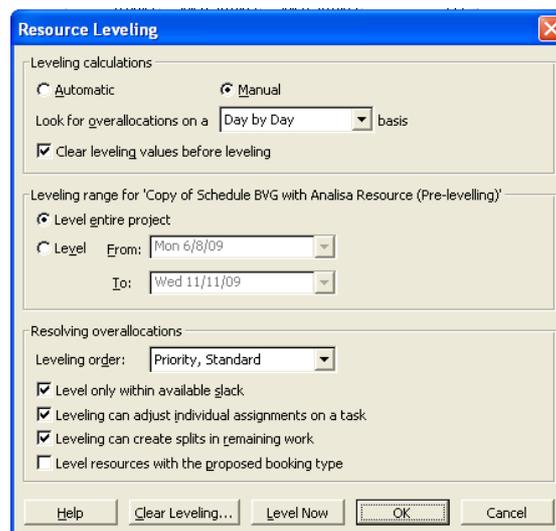
Hasil dari *output* alokasi sumber daya secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran J.

4.2.4 Pengendalian Waktu

Setelah menyusun *time schedule* rencana yang diikuti dengan pengalokasian sumber daya pada item pekerjaan, tindakan selanjutnya yaitu melakukan pengendalian terhadap waktu dari *time schedule* tersebut. Banyak cara yang dilakukan untuk mengendalikan waktu, diantaranya dengan melakukan *overlapping* (tumpang tindih) jadwal dari item pekerjaan. Aktivitas-aktivitas yang dikerjakan secara tumpang tindih ini dilakukan dengan penggunaan konstrain, *lead*, dan *lag* pada jaringan kerja AON konstruksi rumah tipe 135/200 m² Jasmine. Untuk penggunaan konstrain, *lead*, dan *lag* dapat dilihat pada Lampiran D.

4.2.5 Pengendalian Sumber Daya (*Levelling*)

Pengendalian sumber daya (tenaga kerja) dilakukan dengan cara *levelling* dengan menggunakan *Microsoft Project 2003* secara otomatis, yaitu dengan cara kembali ke tampilan *Gantt Chart* pilih menu **T**ools, **L**evelling Resouces lalu pilih **L**evel Now dan pada menu **L**evel Now, pilih OK seperti pada kotak dialog berikut:



Gambar 4.14 Cara Me-leveling Sumber Daya

Namun hasilnya masih terdapat sumber daya yang mengalami *overlocated* sehingga dilakukan tindakan *levelling* secara manual dengan menggeser pekerjaan non kritis dengan memanfaatkan waktu luang (*slack*) dari hasil analisis jaringan kerja AON konstruksi rumah tipe 135/200 m². Hasil mengenai pemerataan sumber daya tenaga secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut .:

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja

NO.	TENAGA KERJA	SATUAN	6/8	6/9	6/10	6/11	6/12	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19	6/20	6/21	6/22	6/23	6/24
1	Pekerja	Hours	16	16	10.7	8	8	8	8	8	8	8	12	16	16	16	34.7	40	24
2	Tukang kayu	Hours		6.67	2.67												5.33	16	16
3	Mandor	Hours																	
4	Tukang gali	Hours			5.33	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	Tukang Cor	Hours													2.67	8	8	8	8
6	Tukang besi	Hours															8	24	24
7	Tukang batu	Hours																	
8	Tukang Keramik	Hours																	
9	Tukang	Hours																	
10	Tukang listrik	Hours																	
11	Tukang Pipa	Hours																	
12	Tukang Cat	Hours																	
TOTAL TK/HARI			16	22.7	18.7	16	16	16	16	16	16	16	20	24	26.7	32	64	96	80
Total Orang Hari (OH)			2.00	2.83	2.33	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.50	3.00	3.33	4.00	8.00	12	10

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

NO.	TENAGA KERJA	SATUAN	6/25	6/26	6/27	6/28	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9	7/10	7/11
1	Pekerja	Hours	26.67	8	8	32	56	56	36	16	16	13.3	8	8	6.67			2.67	16
2	Tukang kayu	Hours	10.67			12	24	24	12						2.67	16	14.7	6.67	1.33
3	Mandor	Hours																	
4	Tukang gali	Hours	4																
5	Tukang Cor	Hours	9.33	8	8	8	8	8	4										1.33
6	Tukang besi	Hours	16			8	16	16	8										1.33
7	Tukang batu	Hours										5.33	16	16	13.3			2.67	16
8	Tukang Keramik	Hours																	
9	Tukang	Hours																	
10	Tukang listrik	Hours																	
11	Tukang Pipa	Hours																	
12	Tukang Cat	Hours																	
TOTAL TK/HARI			66.67	16	16	60	104	104	60	16	16	18.7	24	24	22.7	16	14.7	12	35.9
Total Orang Hari (OH)			8.33	2.00	2.00	7.50	13	13	7.50	2	2	2.33	3	3.00	2.83	2.00	1.83	1.50	4.50

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	
16	16	16	18.7	32	21.3	16	16	16	16	16	16	2.67	5.33	32	32	32	32	32	32	32	37.3	
8	8	8	9.33	16	5.33		1.33	14.7	9.33	8	8	8	10.7	24	24	24	24	24	24	24	20	
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6.67								4	
8	8	8	8	8	8	8	8	14.7	9.33	8	8	8	9.33	16	16	13.3	2.67	13.3	2.67	13.3		
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	2.67										
56	56	56	60	80	58.7	48	49.3	69.3	58.7	56	56	29.3	32	72	72	69.3	58.7	69.3	58.7	69.3	61.3	
7.00	7.00	7.00	7.50	10.00	7.33	6.00	6.17	8.67	7.33	7.00	7.00	3.67	4.00	9.00	9.00	8.67	7.33	8.67	7.33	8.67	7.67	

8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17	8/18	8/19	8/20	8/21	8/22	8/23	8/24	
64	56	16	17.3	24	24	24	24	22.7	16	16	16	12	8	8	8	8	8	8	8	8	10.7	
	4	24	2.22	10.7	13.3	24	16	8	8	8	8	9.33	10.2				2.7	8	8	8	8	
																						1.33
24	20		1.33	8	8	8	8	8	8	8	8	6.67										
			1.33	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
																						1.33
88	80	40	22.2	50.7	53.3	64	56	46.7	40	40	40	36	26.2	16	16	16	18.7	24	24	24	29.3	
11.00	10.00	5.00	2.78	6.34	6.66	8.00	7.00	5.83	5.00	5.00	5.00	4.49	3.28	2.00	2.00	2.00	2.34	3.00	3.00	3.00	3.67	

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

8/25	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1	9/2	9/3	9/4	9/5	9/6	9/7	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13
40.2	70.7	64	65.3	70.7	65.3	72	63.8	25.4	33.4	48	46.7	37.3	32	32	32	21.3	18.7	32	34.7
10.7	17.3	24	22.7	17.3	24	24	21.3	8	8	8	8	5.3		1.37	8	8	8	8	8
6.67																			
5.38	17.3	24	22.7	17.3	24	24	21.3	8	8	8	8	5.3							
8	9.33	16	14.7	9.33	16	16	14.6	8	8	8	8	5.3							
					2.67	16	16	16	18.7	21.4	16	16	16	18.7	32	32	32	32	29.3
								1.37	8	8	8	8	8	6.63					
10.7	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14.7	5.3							
81.6	131	144	141	131	148	168	153	82.7	100	117	109	82.5	56	58.7	72	61.3	58.7	72	72
10.20	16.33	18.00	17.67	16.33	18.50	21.00	19.13	10.34	12.51	14.67	13.67	10.31	7.00	7.34	9.00	7.66	7.34	9.00	9.00

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

9/14	9/15	9/16	9/17	9/18	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12
41.3	48	45.3	32	36	66.6	58.7	68.3	62.7	64	55.9	49.3	52	52	52	41.3	40	56	56	53.3
8	8	6.63		4	20	22.7	18.1											8	
				2.67	16	16	16	16	16	16	16	14.7	8	6.67					
24	24	24	24	21.3	16	5.28						8	8	8	1.33		8	8	8
				1.33	8	8	8	8	8	14.7	16	12	13.3	24	24	21.3	24	24	24
		0		2.67	16	21.4	32	32	32	18.6	16	16	16	10.7					
1.33	8	8	8	8	8	8	10.7	16	16	16	16	16	16	16	16	16h	16	16	16
							2.97	8	8	8	8	8	8	10.7	16	16h	16	16	13.3
74.7	88	83.9	64	76	151	140	156	143	144	129	121.3	127	121	128	98.7	93.33	120	128	115
9.33	11.00	10.49	8.00	9.50	18.82	17.51	19.50	17.83	18.00	16.15	15.17	15.83	15.17	16.00	12.33	11.67	15.00	16.00	14.33

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1
48	48	48	48	34.62	25.33	16	16	16	16	17.33	24.03	40	24	40	38.63	24	25.33	16	29.33
				8	8														
										1.33	8								
											5.95	24	18.67	25.38	24	24	16	16	16
8	8	8	8	1.33														8	6.67
24	24	24	21.33	17.28	16	16	24	24	24	21.33	10.7	24	22.67	22.67	16	16	9.33	5.3	8
														8	8	1.37	6.63		6.67
16	16	16	16	8	14.67	10.67	8	8	8	8	6.63	1.33	1.33	8	4				
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5.03								
104	104	104	101.3	77.23	72	50.67	56	56	56	55.99	60.34	89.33	66.67	104.1	90.63	65.37	57.29	45.3	66.67
13.00	13.00	13.00	12.67	9.65	9.00	6.33	7.00	7.00	7.00	7.00	7.54	11.17	8.33	13.01	11.33	8.17	7.16	5.66	8.33

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penggunaan Tenaga Kerja (Lanjutan)

10/31	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11
16	29.33	32	32	32	27.67	32	32	21.38	9.37	32	26.57
16	16	16	16	16	16						
8	6.67	8	8	8	8						
5.3	8	8									
	6.67	8	8	8	8	8	8	2.7			
						8	8	8	8		
45.3	66.67	72	64	64	59.67	48	48	32.08	17.37	32	26.57
5.66	8.33	9.00	8.00	8.00	7.46	6.00	6.00	4.01	2.17	4.00	3.32

Sumber : Pengolahan Data Ms. Project (2010)

Setelah dilakukan pemerataan penggunaan tenaga kerja (*resource leveling*) diperoleh hasil penggunaan rata-rata tenaga kerja perharinya yaitu 8 orang perhari. Sedangkan kebutuhan tenaga kerja maksimal perhari sebanyak 21 orang.

4.2.6 Perubahan Waktu Proyek Akibat Pengendalian

Dengan adanya pengendalian pada proyek ini menyebabkan perubahan waktu penyelesaian proyek dari 166 hari menjadi 148 hari (berkurang 18 hari). Berdasarkan pada analisis jaringan kerja yang telah dilakukan diperoleh waktu penyelesaian proyek selama 147,85 hari. Dan setelah dilakukan pemerataan tenaga kerja durasi penyelesaian proyek menjadi 148 hari. Hal ini terjadi karena ada pergeseran aktivitas pada jalur kritis sehingga mempengaruhi total waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Sehingga jika proyek dimulai pada tanggal 8 Juni 2009 maka diharapkan akan selesai pada tanggal 11 November 2009.

Hasil output pengendalian jadwal secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran K.

BAB V

ANALISA HASIL

5.1 Perencanaan Waktu

Perencanaan waktu merupakan langkah awal untuk melaksanakan proyek konstruksi rumah tipe 135/200 m² *Jasmine* PT. Prima Damai Mandiri. Adapun uraian analisa dari hasil pengolahan data perencanaan waktu untuk masing-masing aktivitas adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan Pembersihan Lokasi

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pembersihan lokasi menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 1,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan sehingga jadwal dapat terpenuhi. Dari segi ergonomi, waktu yang diberikan sangat singkat sehingga pekerja harus bekerja dengan kondisi yang terpaksa untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Kondisi kerja yang panas maupun hujan akan menyebabkan menurunnya produktivitas pekerja.

2. Pekerjaan Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan

matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 1,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala lainnya.

3. Pekerjaan Galian Tanah Pondasi Tapak

Untuk pekerjaan galian tanah pondasi tapak diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 10 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 7 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 14 hari. Sehingga diperoleh durasi waktu yang diharapkan (te) adalah 10,17 hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 10,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 10$ hari. Selisih waktu 0,17 hari tersebut merupakan rentang waktu yang dapat digunakan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kondisi buruk dilapangan lainnya. Kondisi beban kerja pekerja sangat besar, pekerja harus menggali lalu memindahkan hasil galian pada jarak tertentu dengan kondisi kerja yang panas sehingga kondisi seperti ini tidak ergonomis. Namun durasi waktu yang diharapkan telah memberikan kelonggaran waktu sehingga beban kerja tidak terlalu besar.

4. Pekerjaan Galian Tanah *Sloof*

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan galian tanah *sloof* diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 5 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 4 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 6 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan galian tanah *sloof* tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar

tidak terjadi keterlambatan. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pekerjaan galian tanah pondasi tapak, pekerja bekerja pada kondisi yang kurang ergonomis karena pemindahan hasil galian tanpa menggunakan alat bantu angkut.

5. Pekerjaan Urugan Pasir Dibawah Pondasi Tapak

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan urugan pasir dibawah pondasi tapak menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 4 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 2,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 2,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala tenaga kerja. Dari aspek ergonomi, pekerjaan penimbunan telah menggunakan kereta sorong sebagai alat bantu angkut material, namun jarak angkutnya juga perlu diperhatikan karena akan dapat menyebabkan kelelahan lebih cepat pada pekerja.

6. Pekerjaan Urugan Pasir Dibawah Sloof

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 4 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 2,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 2,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Rentang waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala lainnya. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pekerjaan

penimbunan pondasi tapak, pekerja bekerja pada kondisi yang kurang ergonomis karena jarak pemindahan pasir ke tempat galian sedikit jauh.

7. Pekerjaan Cor Lantai Kerja Bawah Pondasi Tapak 1:3:5

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor lantai kerja bawah pondasi tapak diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan cor lantai kerja bawah pondasi tapak tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya. Pihak perusahaan harus melakukan pengendalian terhadap tenaga kerja dalam hal penggunaan material agar tidak terjadi penyimpangan biaya atau penurunan kualitas beton sehingga pekerjaan sesuai dengan anggaran dan spesifikasi yang telah ditentukan. Selain itu, teknis kerja pekerja juga harus diperhatikan agar pekerjaan dilakukan dengan menggunakan konsep ergonomi. Penggunaan mesin *Concrete Mixer* untuk pengadukan campuran beton sangat membantu pekerja sehingga beban kerja tidak terlalu besar dan dapat meningkatkan kinerja pekerja. Pengangkutan beton juga telah menggunakan kereta sorong sehingga lebih mengoptimalkan pekerjaan tersebut.

8. Pekerjaan Cor Lantai Kerja Bawah *Sloof* 1:3:5

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor lantai kerja bawah *Sloof* diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini

disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan cor lantai bawah *sloof* kerja tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pekerjaan cor lantai kerja bawah *sloof*. Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi *overload* pada pekerja.

9. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang pondasi tapak K.225 diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang tidak besar. Dengan demikian, cor beton bertulang pondasi tapak K.225 tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya. Dalam pelaksanaannya, pihak perusahaan harus melakukan pengawasan terhadap jalannya pekerjaan agar tidak terjadinya *scrap* material yang banyak sehingga tidak menimbulkan kerugian pada perusahaan. Pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian terhadap penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak terjadi penyimpangan biaya dan penurunan kualitas. Sedangkan ditinjau dari aspek ergonomis, penggunaan alat bantu kerja seperti mesin *Concrete Mixer* dan kereta sorong dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi beban kerja pada para pekerja. Namun, kondisi kerja yang panas akan dapat menyebabkan para pekerja merasakan kelelahan yang lebih cepat.

10. Pekerjaan Cor *Sloof* Beton Bertulang 20x30 K.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor *sloof* beton bertulang diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan cor *sloof* beton bertulang tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dalam penyelesaiannya. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pekerjaan cor beton bertulang pondasi tapak. Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja pada pekerja.

11. Pekerjaan Urugan Pondasi dan *Sloof*

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan urugan pondasi dan *sloof* menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 3 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 5 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 3,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 3,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala tenaga kerja.

12. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Kolom (K3) 10x30 K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang kolom (K3) diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering

terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari sehingga pekerjaan cor beton bertulang kolom (K3) tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar jadwal penyelesaiannya dapat terpenuhi. Ditinjau dari sistem produksi, pelaksanaan pekerjaan ini menunggu pekerjaan pemasangan dinding bata telah terpasang dengan ketinggian tertentu kemudian dilakukan pengecoran kolom. Hal ini menunjukkan perlunya pengendalian produksi dalam penentuan urutan proses dan jadwal pelaksanaan proses (waktu kerja) dari pihak pengelola proyek.

13. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Kolom (K2) 10x20 K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang kolom (K2) diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 6 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang tidak besar. Dengan demikian, cor beton bertulang kolom (K2) tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah pengendalian tenaga kerja karena dalam pekerjaan ini adanya koordinasi antara tukang batu dengan tukang cor agar pekerjaan berjalan secara berkesinambungan.

14. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Kolom Praktis (K1) 10x10 K.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor beton bertulang kolom praktis (K1) menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 3 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 4 hari. Dengan

demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 3$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang tidak besar. Dengan demikian, cor beton bertulang kolom praktis (K1) tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah pengendalian tenaga kerja karena dalam pekerjaan ini adanya koordinasi antara tukang batu dengan tukang cor agar pekerjaan berjalan secara berkesinambungan.

15. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Kolom Praktis (K4) 10x10 K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang kolom praktis (K4) diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari sehingga pekerjaan cor beton bertulang kolom praktis (K4) tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar jadwal penyelesaiannya dapat terpenuhi.

16. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Balok Lantai (B1, B2, B3, B4, dan Plat Lantai) K.225

Pekerjaan ini merupakan kesatuan pekerjaan untuk balok dan plat lantai dengan rangkaian aktivitas yang membutuhkan koordinasi antara tukang kayu, tukang, besi, tukang cor, dan pekerja. Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk total pekerjaan cor beton bertulang balok lantai diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 10 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 5 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 15 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama

dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari sehingga pekerjaan cor beton betulang balok lantai (B1, B2, B3, B4, dan Plat Lantai) tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian maksimal dari pengelola proyek agar pekerjaan berjalan secara berkesinambungan. Faktor penempatan jumlah tenaga kerja akan menjadi permasalahan karena apabila alokasi tenaga kerja tidak sesuai dengan kebutuhan pekerjaan tersebut maka waktu pengerjaannya akan bertambah. Disamping itu, faktor cuaca juga akan menjadi kendala dalam pelaksanaannya agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian terhadap penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak terjadi penyimpangan biaya dan penurunan kualitas hasil akhir. Sedangkan ditinjau dari aspek ergonomis, penggunaan material beton jadi dari penyuplai beton dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi beban kerja dalam melakukan pengecoran balok dan plat lantai pada para pekerja. Namun, kondisi kerja yang panas akan dapat menyebabkan para pekerja merasakan kelelahan yang lebih cepat. Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja pada pekerja.

17. Pekerjaan Pasangan Batu Bata 1/2 Batu Trasmam 1:2 T = 30 cm

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan batu bata 1/2 batu trasmam menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 3 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 5 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 3,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 3,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang

dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala tenaga kerja.

18. Pekerjaan Pasangan Dinding Batu Bata 1/2 batu 1:4

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan dinding batu bata 1/2 batu menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 13 hari dengan waktu optimis (a) = 9 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 19 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 13,33$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 13,33$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 13$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,33 hari atau ± 3 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala alokasi tenaga kerja. Dari segi ergonomi, waktu yang diberikan memiliki kelonggaran waktu sehingga pekerja dapat bekerja secara wajar untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Pada kondisi kerja yang panas dapat menyebabkan menurunnya produktivitas pekerja. Selain itu, pihak pengelola proyek juga perlu memantau dalam proses kerjanya agar tidak terjadi scrap material yang terlalu banyak sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan material yang berdampak pada biaya proyek tersebut.

19. Pekerjaan Plaster dan Aci Dinding Bata 1:4

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan plaster dan aci dinding bata diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 19 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 14 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 24 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 19$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 19$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan plaster dan aci dinding bata tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari

pengelola proyek agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya. Ditinjau dari ergonomi kerja, pemasangan ketinggian *stagger* yang sesuai dengan kenyamanan kerja dalam melakukan pekerjaan plesteran dinding yang tinggi dapat mengurangi beban kerja pada tukang. Kondisi yang berbeda pada pembantu tukang karena pekerja tersebut melakukan pemindahan dan pengangkatan beton dengan berat tertentu dengan frekuensi yang berulang. Hal ini dapat menyebabkan kelelahan dan cedera tulang karena beban kerja yang berat sehingga diperlukan alat bantu untuk melakukan pekerjaan tersebut.

20. Pekerjaan Plester Motif Tiang Teras

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 7 hari dengan waktu optimis (a) = 6 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 9 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 7,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Rentang waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi kendala dalam pengerjaannya.

21. Pekerjaan Pasangan Dinding Keramik Km/Wc Utama 20x33 setara Roman

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pasangan dinding keramik Km/Wc utama diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan dinding keramik Km/Wc utama tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah

ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pengerjaannya. Dalam pengerjaannya perlu dilakukan pengendalian terhadap penggunaan material agar tidak terjadi *scrap* material keramik yang tidak terpakai sehingga penggunaan material tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.

22. Pekerjaan Pasangan Dinding Keramik Km/Wc Bawah Tangga 20x25 Setara Roman

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pemasangan dinding keramik Km/Wc bawah tangga diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan dinding keramik Km/Wc bawah tangga tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

23. Pekerjaan Pasangan Dinding keramik Km/Wc Pembantu 20x25

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pasangan dinding keramik Km/Wc pembantu diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan dinding keramik Km/Wc pembantu juga tidak memiliki rentang waktu

sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

24. Pekerjaan Pasangan Dinding Batu Alam Andesit

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 3 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 5 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 3,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 3,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Rentang waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi kendala dalam pengerjaannya.

25. Pekerjaan Galian Pondasi Tangga

Untuk pekerjaan galian pondasi tangga diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit.

26. Pekerjaan Urugan Pasir Dibawah Pondasi

Untuk pekerjaan urugan pasir dibawah pondasi diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena

kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari.

27. Pekerjaan Cor Lantai Kerja 1:3:5

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor lantai kerja diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena volume pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga tidak terhambat oleh cuaca.

28. Pekerjaan Cor Pondasi Tangga K.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor pondasi tangga menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih waktunya seimbang.

29. Pekerjaan Urugan Tanah Pondasi

Untuk pekerjaan urugan tanah pondasi diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari.

30. Pekerjaan Cor Tangga K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor tangga diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 8 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 5 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 10 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 7,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 8$ hari. Selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi. Pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian terhadap penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak terjadi penyimpangan biaya dan penurunan kualitas. Sedangkan ditinjau dari aspek ergonomis, penggunaan alat bantu kerja seperti mesin *Concrete Mixer* dan kereta sorong dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi beban kerja pada para pekerja. Namun, kondisi kerja yang panas akan dapat menyebabkan para pekerja merasakan kelelahan yang lebih cepat.

31. Pekerjaan *Ralling* Tangga *Stalbas*

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan *ralling* tangga *stalbas* menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 7 hari dengan waktu optimis (a) = 5 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 10 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 7,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu

selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila kendala dalam pelaksanaannya.

32. Pasangan Keramik Lantai Tangga 60x60 Granit

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pemasangan keramik lantai tangga diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 3,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 3,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila kendala dalam pelaksanaannya. Dalam pengerjaannya perlu dilakukan pengendalian terhadap penggunaan material agar tidak terjadi *scrap* material keramik yang tidak terpakai sehingga penggunaan material tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.

33. Kusen Pintu

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pemasangan kusen pintu diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan kusen pintu tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek karena dalam pengerjaannya dikoordinasikan dengan pekerjaan pasangan batu bata sehingga penyelesaiannya harus sesuai jadwal agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan berikutnya.

34. Pemasangan Daun Pintu *Double* dan Asessoris

Untuk pekerjaan daun pintu *double* dan asesoris diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari.

35. Kusen Jendela

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pemasangan kusen jendela diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan kusen jendela tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek karena dalam pengerjaannya dikoordinasikan dengan pekerjaan pasangan batu bata sehingga penyelesaiannya harus sesuai jadwal agar tidak terjadi penundaan dalam penyelesaian pekerjaan berikutnya.

36. Pemasangan Daun Jendela dan Kaca 5 mm beserta Asessoris Komplit

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan daun jendela dan kaca 5 mm beserta asesoris komplit bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 3 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 2,17$ hari. Dilihat

dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 2,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi kendala dalam waktu dapat pengerjaannya.

37. Kusen Aluminium

Untuk pekerjaan kusen aluminium diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga tidak mungkin dikerjakan sampai lebih dari 1 hari.

38. Pemasangan Kaca Mati 5 mm dan Kertas Film

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan kaca mati 5 mm dan kertas film diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga tidak mungkin dikerjakan sampai lebih dari 1 hari.

39. Kusen dan Pintu PVC Km/Wc Komplit

Untuk pekerjaan kusen dan pintu PVC Km/Wc komplit diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena

kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga tidak mungkin dikerjakan sampai lebih dari 1 hari.

40. Pasangan Pintu Garasi

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan pintu garasi menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih waktunya seimbang. Oleh karena itu, dalam pelaksanaannya tidak memiliki rentang waktu sehingga perlu sedikit perhatian dari pengelola maupun pekerjanya langsung.

41. Pekerjaan Urugan Tanah Bawah Lantai Dipadatkan

Untuk pekerjaan urugan tanah bawah lantai dipadatkan diperkirakan durasi waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan urugan tanah bawah lantai dipadatkan tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dalam penyelesaiannya. Penggunaan alat bantu kereta sorong dan alat pemadat lebih efektif sehingga dapat mengurangi beban kerja para pekerja sehingga produktivitas pekerja lebih optimal.

42. Pekerjaan Urugan Pasir Bawah Lantai $T = 5$ cm

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan pekerjaan urugan pasir bawah lantai dipadatkan diperoleh waktu

pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Oleh karena itu, pekerjaan urugan pasir bawah lantai tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dalam penyelesaiannya. Ditinjau dari aspek ergonomi, penggunaan kereta dorong dalam memindahkan material pasir dengan jarak tertentu lebih efektif sehingga beban kerja lebih ringan.

43. Pekerjaan Cor Lantai Kerja Bawah Lantai 1:2:3 T = 5 cm

Untuk pekerjaan cor lantai kerja bawah lantai diperkirakan durasi waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan cor lantai kerja bawah lantai tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dan keterlambatan dalam penyelesaiannya. Penggunaan mesin *Concrete Mixer* untuk pengadukan campuran beton sangat membantu pekerja sehingga beban kerja tidak terlalu besar dan dapat meningkatkan kinerja pekerja. Pengangkutan beton juga telah menggunakan kereta sorong sehingga lebih mengoptimalkan pekerjaan tersebut. Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi *overload* pada pekerja.

44. Pasangan Keramik Lantai Utama 40x40

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 15 hari dengan waktu optimis (a) = 10 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 15 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 15$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 15$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 15$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan keramik lantai utama tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya. Ditinjau dari aspek pengendalian biaya, dalam pengerjaannya perlu dilakukan pengendalian terhadap penggunaan material agar tidak terjadi *scrap* material keramik yang tidak terpakai sehingga penggunaan material tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.

45. Pasangan Keramik Lantai Garasi 30x30

Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai garasi diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

46. Pasangan Keramik Lantai Teras Depan 40x40

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

47. Pasangan Keramik Lantai Teras Belakang 40x40

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan keramik lantai teras belakang diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena volume pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

48. Pasangan Keramik Lantai Kamar Pembantu 40x40

Pekerjaan ini dilaksanakan setelah pekerjaan pasangan keramik lantai kamar pembantu. Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai garasi diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun

ketersediaan material juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

49. Pasangan Keramik Lantai Km/Wc utama 20x20 Setara Roman

Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai Km/Wc utama diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan material juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

50. Pasangan Keramik Lantai Km/Wc Bawah Tangga 20x20 Setara Roman

Pekerjaan ini dilaksanakan setelah pekerjaan pasangan keramik lantai Km/Wc bawah tangga. Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai garasi diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan material juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

51. Pasangan Keramik Lantai Km/Wc Pembantu 20x20 Setara Roman

Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai Km/Wc pembantu diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan

tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

52. Pasangan Plin Lantai Utama

Pekerjaan pasangan plin ini waktu mengikuti pekerjaan pemasangan keramik lantai utama dengan perencanaan waktu untuk pekerjaan pasangan plin lantai utama diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 7 hari dengan waktu optimis (a) = 5 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 12 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 7,5$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,5$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,5 hari atau ± 4 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi kendala dalam pengerjaannya.

53. Pasangan Plin Lantai Teras Depan

Untuk pekerjaan pasangan plin lantai teras depan diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya.

54. Pasangan Plin Lantai Teras Belakang

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan plin lantai teras belakang diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda.

55. Pekerjaan Plafon Gypsum 9 mm dan Rangka *Hollo*

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan plafon gipsium 9 mm dan rangka *hollo* diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 20 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 15 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 23 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 19,67$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 19,67$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 20$ hari. Hal ini disebabkan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi. Ditinjau dari ergonomi kerja, pemasangan ketinggian *stagger* harus sesuai dengan kenyamanan kerja dalam melakukan pekerjaan pemasangan rangka dan papan gipsium sehingga dapat mengurangi beban kerja pada tukang. Selain itu, kondisi kerja diatas kepala dapat menyebabkan kelelahan dan rasa sakit pada leher karena beban kerja yang berat sehingga diperlukan alat bantu untuk melakukan pekerjaan tersebut.

56. Instalasi titik Lampu dan *Stop* Kontak

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan instalasi titik lampu dan *stop* kontak diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 12 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 10 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 14 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 12$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 12$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan instalasi titik lampu dan *stop* kontak tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek karena dalam pengerjaannya dikoordinasikan dengan pekerjaan plester dinding bata sehingga penyelesaiannya harus sesuai jadwal agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan berikutnya.

57. Assesoris Amatur Lampu Komplit

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan assesoris amatur lampu komplit diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Dengan demikian pekerjaan assesoris amatur lampu komplit tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian dan pengendalian tenaga kerja agar pekerjaan selesai sesuai jadwalnya.

58. Pekerjaan instalasi air bersih

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan instalasi air bersih diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 7 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 5 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 8 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan

nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 6,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 6,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi. Ditinjau dari aspek sistem produksi, pemasangan dan perakitan pipa harus diurutkan sesuai dengan teknis pengerjaannya dan kondisi rumah agar diperoleh jarak terpendek sehingga lebih efisien dalam penggunaan pipa.

59. Pekerjaan Instalasi Air Panas

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan instalasi air panas menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 1,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan pipa pada umumnya sehingga diperlukan pengendalian oleh pengelola proyek untuk meminimumkan penggunaan pipa.

60. Pekerjaan Instalasi Air Kotor

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan instalasi air kotor menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 8 hari dengan waktu optimis (a) = 7 hari, dan selambat-lambatnya akan

dapat diselesaikan selama (b) = 10 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 8,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 8,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 8$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala tenaga kerja. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan pipa pada umumnya sehingga diperlukan pengendalian oleh pengelola proyek untuk meminimumkan penggunaan pipa.

61. Koloset Duduk, Wastafel Setara Toto dan Asessoris

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan koloset duduk, wastafel setara Toto dan asesoris diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan material juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda.

62. Kaca Bevel, Kran Air, dan Asessoris

Untuk pekerjaan pasangan kaca bevel, kran air, dan asesoris diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan material juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya.

63. Pemasangan *foodrain* Setara Toto

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan *foodrain* setara Toto diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

64. Pekerjaan *Septictank* dan Resapan

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan *septictank* dan resapan diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan *septictank* dan resapan tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek karena dalam pengerjaannya dikoordinasikan dengan pekerjaan instalasi air kotor sehingga penyelesaiannya harus sesuai jadwal agar tidak terjadi penundaan dalam penyelesaian pekerjaan sebelumnya.

65. Pekerjaan Cor beton bertulang kolom (K2) 10x20 K.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang kolom (K2) diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 5 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 7 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari sehingga pekerjaan cor beton bertulang kolom (K2) tidak memiliki *range*

waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama pengendalian tenaga kerja antara tukang bat dan tukang cor agar jadwal penyelesaiannya berkesinambungan. Ditinjau dari sistem produksi, pelaksanaan pekerjaan ini menunggu pekerjaan pemasangan dinding bata telah terpasang dengan ketinggian tertentu kemudian dilakukan pengecoran kolom. Hal ini menunjukkan perlunya pengendalian produksi dalam penentuan urutan proses dan jadwal pelaksanaan proses (waktu kerja) dari pihak pengelola proyek. Selain itu, aspek ergonomi juga dapat mempengaruhi kinerja dari pekerja karena kondisi kerja diatas lantai dua yang panas sehingga mempercepat tingkat kelelahan pekerja.

66. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Kolom Praktis (K1) 10x10 k.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor beton bertulang kolom praktis (K1) menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 4 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 6 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 4$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang tidak besar. Dengan demikian, cor beton bertulang kolom praktis (K1) tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah pengendalian tenaga kerja karena dalam pekerjaan ini adanya koordinasi antara tukang batu dengan tukang cor agar pekerjaan berjalan secara berkesinambungan. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pekerjaan cor beton bertulang kolom praktis (K1). Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja pada pekerja.

67. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Ring Balok (RB2) 13x35 k.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor beton bertulang ring balok (RB2) menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 5 hari dengan waktu optimis (a) = 3 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 6 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 4,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 4,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan.

68. Pekerjaan Cor beton bertulang Ring Balok (RB4) 20x30 k.225

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cor beton bertulang ring balok (RB4) diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari sehingga pekerjaan cor beton bertulang ring balok (RB4) diperoleh tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal karena pekerjaan ini merupakan kesatuan dari pekerjaan RB2 sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek agar dapat berjalan secara berkesinambungan.

69. Pek. Cor Beton *Lestplang* T = 120 mm K.225

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor beton *lestplang* menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 7 hari dengan waktu optimis (a) = 5 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 10 hari. Dengan demikian dapat

diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 7,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama $0,17$ hari atau ± 2 jam kerja yang dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kendala tenaga kerja. Faktor penempatan jumlah tenaga kerja akan menjadi permasalahan karena apabila alokasi tenaga kerja tidak sesuai dengan kebutuhan pekerjaan tersebut maka waktu pengerjaannya akan bertambah. Disamping itu, faktor cuaca juga akan menjadi kendala dalam pelaksanaannya agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian terhadap penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak terjadi penyimpangan biaya dan penurunan kualitas hasil akhir. Sedangkan ditinjau dari aspek ergonomis, penggunaan material beton jadi dari penyuplai beton dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi beban kerja dalam melakukan pengecoran balok dan plat lantai pada para pekerja. Namun, kondisi kerja yang panas akan dapat menyebabkan para pekerja merasakan kelelahan yang lebih cepat. Selain itu, faktor penempatan tenaga kerja juga harus disesuaikan dengan volume pekerjaan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja pada pekerja.

70. Pekerjaan Pasangan Dinding Batu Bata 1/2 batu 1:4

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan dinding batu bata 1/2 batu menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 11 hari dengan waktu optimis (a) = 7 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 14 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 10,83$ hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 10,83$ hari. Dilihat dari hasil

tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 10,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 11$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai dengan kebutuhan agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan. Pada kondisi kerja yang panas dapat menyebabkan menurunnya produktivitas pekerja. Selain itu, pihak pengelola proyek juga perlu memantau dalam proses kerjanya agar tidak terjadi *scrap* material yang terlalu banyak sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan material yang berdampak pada biaya proyek tersebut. Ditinjau dari sistem produksi, dalam pelaksanaan pekerjaan ini harus diikuti dengan pemasangan kusen pintu dan jendela serta pengecoran kolom. Hal ini menunjukkan perlunya pengendalian produksi dalam penentuan urutan proses dan jadwal pelaksanaan proses (waktu kerja) dari pihak pengelola proyek. Sedangkan dari aspek ergonomi terjadi kerja yang berulang-ulang dalam proses memindahkan material-material ke lantai dua secara manual sehingga beban kerja pekerja bertambah besar. Dalam hal ini, pengelola proyek harus menempatkan tenaga kerja sesuai kebutuhan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja (*overload*).

71. Pekerjaan Plaster Aci Dinding Bata 1:4

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 15 hari dengan waktu optimis (a) = 12 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 20 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 15,33$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 15,33$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 15$ hari. Rentang waktu selama 0,33 hari atau ± 3 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi

hujan atau kendala lainnya dalam proses pengerjaannya. Ditinjau dari ergonomi kerja, pemasangan ketinggian *stagger* yang sesuai dengan kenyamanan kerja dalam melakukan pekerjaan plasteran dinding yang tinggi dapat mengurangi beban kerja pada tukang. Kondisi yang berbeda pada pembantu tukang karena pekerja tersebut melakukan pemindahan dan pengangkatan beton dengan berat tertentu dengan frekuensi yang berulang. Sehingga ini dapat menyebabkan menurunnya produktivitas pekerja.

72. Pekerjaan Plaster Aci *Lestplang* 1:2

Untuk pekerjaan plaster aci *lestplang* diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 5 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 3 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 7 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pekerjaan plaster aci *lestplang* tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek agar tidak terjadi keterlambatan. Selain faktor ergonomi, faktor *safety* pekerjaan juga perlu diperhatikan oleh supervisi proyek agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam melaksanakan pekerjaan pada kondisi yang tinggi.

73. Pekerjaan Pasangan Dinding Keramik Km/Wc Anak 20x25 Setara Roman

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pasangan dinding keramik Km/Wc anak diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 4 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan dinding keramik Km/Wc anak tidak memiliki *range* waktu sehingga

diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pengerjaannya pekerjaan selanjutnya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

74. Pekerjaan Plester Motif Tiang Teras

Berdasarkan hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 7 hari dengan waktu optimis (a) = 5 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 9 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 7$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 7$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pekerjaan plester motif tiang teras tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah kondisi cuaca agar tidak terjadi keterlambatan dalam proses pengerjaannya.

75. Kusen Pintu

Untuk pekerjaan kusen pintu diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari .

76. Pemasangan Daun Pintu dan Asessoris

Untuk pekerjaan daun pintu dan asessoris diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah

sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari.

77. Kusen Jendela

Berdasarkan hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan pemasangan kusen jendela diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 1 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari. Namun dalam pekerjaan ini mengikuti pekerjaan pasangan dinding bata sehingga waktu yang dibutuhkan hanya 1 hari.

78. Pemasangan Daun Jendela dan Kaca 5 mm beserta Asessoris Komplit

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan daun jendela dan kaca 5 mm beserta asesoris komplit bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit dan berada didalam rumah sehingga dapat dikerjakan dalam 1 hari.

79. Kusen *Type* BV

Untuk pekerjaan kusen *type* BV diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini

hanya sedikit dan pekerjaan ini mengikuti pekerjaan pasangan dinding bata sehingga waktu yang dibutuhkan hanya 1 hari.

80. Pasangan Keramik Lantai Utama

Hasil perkiraan waktu dari estimator untuk aktivitas ini menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 12 hari dengan waktu optimis (a) = 10 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 14 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 12$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 12$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 12$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang. Dengan demikian, pasangan keramik lantai utama tidak memiliki rentang waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah ketersediaan material agar tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya. Ditinjau dari aspek pengendalian biaya, dalam pengerjaannya perlu dilakukan pengendalian terhadap penggunaan material agar tidak terjadi *scrap* material keramik yang tidak terpakai sehingga penggunaan material tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.

81. Pasangan Keramik Lantai Km/Wc Anak 20x20 Setara Roman

Untuk pekerjaan pasangan keramik lantai Km/Wc anak diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan material juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan keramik pada umumnya sehingga diperlukan pengelolaan oleh pihak perusahaan.

82. Pasangan *Plint* lantai utama

Pekerjaan pasangan *plint* ini waktu mengikuti pekerjaan pemasangan keramik lantai utama dengan perencanaan waktu untuk pekerjaan pasangan plin lantai utama diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 10 hari dengan waktu optimis (a) = 7 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 12 hari. Berdasarkan angka estimasi tersebut dihasilkan durasi waktu yang diharapkan $te = 9,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 9,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 10$ hari. Hal ini disebabkan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Namun penyelesaian pekerjaan ini mengikuti pekerjaan pemasangan keramik lantai utama. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi.

83. Pekerjaan Plafon Gypsum 9 mm dan Rangka *Hollo*

Berdasarkan hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan plafon gipsium 9 mm dan rangka *hollo* diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 7 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 6 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 8 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 8$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 8$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 8$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan plafon gipsium 9 mm dan rangka *hollo* tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek agar penyelesaiannya tidak terjadi keterlambatan dalam

penyelesaiannya. Kondisi pekerjaan ini sama dengan pada pengerjaan pemasangan Gypsum pada lantai bawah.

84. Instalasi titik Lampu dan Stop Kontak

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan instalasi titik lampu dan stop kontak diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 12 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 10 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 14 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 12$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 12$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan instalasi titik lampu dan stop kontak tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan pengendalian dari pengelola proyek karena dalam pengerjaannya dikoordinasikan dengan pekerjaan plester dinding bata sehingga penyelesaiannya harus sesuai jadwal agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan berikutnya.

85. Assesoris Amatur Lampu Komplit

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan assesoris amatur lampu komplit diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 2 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 3 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Dengan demikian pekerjaan assesoris amatur lampu komplit tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian dan pengendalian tenaga kerja agar pekerjaan selesai sesuai jadwalnya.

86. Pekerjaan instalasi air bersih

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan instalasi air bersih diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 8 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 6 hari dan paling

lama dapat diselesaikan selama 9 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 6,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 7,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 8$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan pipa pada umumnya sehingga diperlukan pengendalian oleh pengelola proyek untuk meminimumkan penggunaan pipa.

87. Pekerjaan Instalasi Air Panas

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan instalasi air panas menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 1,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan. Kondisi pekerjaan ini serupa dengan pemasangan pipa pada umumnya sehingga diperlukan pengendalian oleh pengelola proyek untuk meminimumkan penggunaan pipa.

88. Pasangan Unit Mesin Panas

Untuk pekerjaan pasangan unit mesin panas diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat

diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 1,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,83$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,83 hari atau ± 7 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan dalam pengerjaannya.

89. Pasangan *Torent* Air Bersih

Berdasarkan Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan *torent* air bersih durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 2 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 3 hari. Dengan perhitungan matematis durasi waktu yang diharapkan (te) didapat hasil nilai $te = 2$ hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 2$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini disebabkan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar jadwal pengerjaannya dapat terpenuhi.

90. Koloset Duduk, Wastafel Setara Toto dan Aessoris

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pasangan koloset duduk, wastafel setara Toto dan asesoris diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun

ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan agar pengerjaannya tidak tertunda.

91. Kaca Bevel, Kran Air, dan Asessoris

Untuk pekerjaan pasangan kaca bevel, kran air, dan asesoris diperkirakan durasi waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit, namun ketersediaan meterial juga perlu diperhatikan oleh pengelola proyek agar tidak terkendala dalam pengerjaannya.

92. Pemasangan *Foodrain* Setara Toto

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan *foodrain* setara Toto diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

93. Pekerjaan *Water Proofing*

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pemasangan *water proofing* diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

94. Pekerjaan Kuda-kuda Baja Ringan *Union Trust*

Berdasarkan hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan kuda-kuda baja ringan diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 5 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 7 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang antara waktu optimis dan waktu pesimis. Dengan demikian, pekerjaan kuda-kuda baja ringan tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama apabila terjadi hujan agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya pekerjaan berikutnya. Dalam pelaksanaan pekerjaan ini dikerjakan oleh tenaga ahli sehingga pihak pengelola harus memperhatikan kinerja biaya agar tidak terjadi penyimpangan biaya yang besar.

95. Pekerjaan Atap Genteng Kia

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan atap genteng Kia diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 3 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 2 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 4 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 3$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan atap genteng Kia tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dalam penyelesaiannya.

96. Pekerjaan Perabung Genteng Kia

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan perabung genteng Kia diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 5

hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 3 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 6 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan perabung genteng Kia tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar keterlambatan dalam penyelesaiannya.

97. Pekerjaan Talang Air

Berdasarkan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan talang air diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

98. Pekerjaan Cat Air Dinding dalam Setara ICA

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu untuk pekerjaan cat air dinding dalam diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 12 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 9 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 14 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 11,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 11,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 12$ hari. Hal ini disebabkan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu t perhatian maksimal

dari pengelola proyek agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

99. Pekerjaan Cat Air Dinding Luar Setara *Dulux*

Berdasarkan estimasi perencanaan waktu untuk pekerjaan cat air dinding luar diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 10 hari dengan waktu optimis (a) = 8 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 13 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis dengan nilai bobot masing-masing angka telah ditentukan didapat hasil nilai $te = 10,17$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 10,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 10$ hari. Sehingga diperoleh *range* waktu selama 0,17 hari atau ± 2 jam kerja yang dapat dimanfaatkan sebagai cadangan waktu apabila terjadi kendala dalam pengerjaannya seperti hujan dan lainnya.

100. Pekerjaan Cat Plafon Gypsum

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pengecatan plafon Gypsum diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 5 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 4 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 6 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 5$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan pengecatan plafon Gypsum tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi penambahan waktu dalam penyelesaiannya.

101. Pekerjaan Pengecatan Kusen, Pintu, dan Jendela Duko

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan pengecatan kusen, pintu, dan jendela Duko diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 24 hari, namun optimis dapat diselesaikan dalam

waktu (a) = 20 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 28 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 24$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 24$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih waktu yang seimbang yaitu 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan pengecatan kusen, pintu, dan jendela Duko tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah penempatan tenaga kerja yang sesuai agar tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya.

102. Pekerjaan Galian Pondasi Tapak Dan Sloof

Untuk pekerjaan galian pondasi tapak dan sloof diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 1 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 1 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 2 hari. Berdasarkan perhitungan matematis diperoleh durasi waktu yang diharapkan (te) adalah 1,17 hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,17$ hari adalah lebih besar dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari. Selisih waktu 0,17 hari tersebut merupakan rentang waktu yang dapat digunakan sebagai cadangan waktu apabila terjadi hujan maupun kondisi buruk dilapangan lainnya.

103. Pekerjaan Urugan Pasir Bawah Pondasi Tapak

Berdasarkan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan urugan pasir bawah pondasi tapak diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena volume pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

104. Pekerjaan Cor lantai kerja bawah pondasi tapak 1:3:5

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor lantai kerja bawah pondasi tapak diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena pekerjaan tersebut memiliki volume hanya sedikit sehingga dapat dikerjakan dalam hanya beberapa jam kerja.

105. Pekerjaan Cor Beton Bertulang Pondasi Tapak 1:2:3

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan cor beton bertulang pondasi tapak diperoleh waktu pengerjaan yang paling sering terjadi (m) = 1 hari, dengan volume yang kecil optimis dapat diselesaikan dalam waktu (a) = 1 hari dan paling lama dapat diselesaikan selama 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena kuantitas pekerjaan ini hanya sedikit sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dengan waktu kurang 1 hari.

106. Pekerjaan Cor *sloof* 1:2:3

Berdasarkan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan Cor *sloof* diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena volume pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

107. Pekerjaan Urugan Tanah

Hasil estimasi untuk perencanaan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan urugan tanah diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil

perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena pekerjaan tersebut memiliki volume hanya sedikit sehingga dapat dikerjakan dalam hanya beberapa jam kerja.

108. Pekerjaan Pot Bunga Taman Depan dan Belakang

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pot bunga taman depan dan belakang menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 1,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan.

109. Pekerjaan Carpot Batu Sikat

Untuk pekerjaan carpot batu sikat diperkirakan durasi waktu waktu yang sering terjadi (m) adalah 4 hari dengan waktu optimis dapat diselesaikan (a) = 3 hari, sedangkan waktu paling lama untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah 5 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 4$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 4$ hari. Hal ini disebabkan rentang waktu optimis dan waktu pesimis dengan waktu yang mungkin terjadi selisih 1 hari. Dengan demikian, pekerjaan Carpot batu sikat tidak memiliki *range* waktu sehingga diperlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama masalah kondisi cuaca apabila terjadi hujan.

110. Pekerjaan Taburan Batu Mangga

Berdasarkan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pekerjaan taburan batu mangga diperoleh durasi waktu yang paling sering terjadi (m) = 1 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 1 hari. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa angka kurun waktu yang diharapkan $te = 1$ adalah sama dengan kurun waktu yang paling mungkin $m = 1$ hari karena volume pekerjaan ini hanya sedikit sehingga tidak mungkin melebihi waktu 1 hari dalam pengerjaannya.

111. Pekerjaan Tanam Rumput dan Bunga

Perkiraan waktu dari estimator untuk menyelesaikan tanam rumput dan bunga menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 3 hari dengan waktu optimis (a) = 2 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 3 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 2,83$ hari. Dilihat dari hasil tersebut bahwa angka durasi waktu yang diharapkan $te = 2,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 3$ hari. Hal ini dikarenakan selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Oleh karena itu perlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar dapat diselesaikan sesuai dengan waktunya.

112. Pekerjaan Pembersihan Akhir

Berdasarkan estimasi perencanaan waktu dari estimator untuk menyelesaikan pembersihan akhir menunjukkan bahwa durasi waktu yang paling mungkin terjadi (m) = 2 hari dengan waktu optimis (a) = 1 hari, dan selambat-lambatnya akan dapat diselesaikan selama (b) = 2 hari. Dengan demikian dapat diketahui durasi waktu yang diharapkan (te) melalui perhitungan matematis didapat hasil nilai $te = 1,83$ hari. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh angka durasi waktu yang diharapkan $te = 1,83$ hari adalah lebih kecil dari durasi waktu yang paling mungkin $m = 2$ hari. Hal

ini terjadi karena selisih waktu optimis dan waktu paling sering terjadi lebih besar dari pada waktu pesimis sehingga diharapkan penyelesaiannya lebih cepat dari pada waktu normal. Dengan demikian diperlu sedikit perhatian dari pengelola proyek agar pengerjaannya tidak melebihi waktu yang ditetapkan.

Berdasarkan perhitungan dan uraian analisa perencanaan waktu tersebut dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan *PERT* pada *AON*, waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan pada konstruksi rumah tipe 135/200 m² Jasmine PT. Prima Damai Mandiri dapat diperoleh selama 147,85 \approx 148 hari (*expected time*), dengan perkiraan waktu tercepatnya (*a*) adalah 142,86 hari, dan proyek tersebut akan dapat diselesaikan selambat-lambatnya (*b*) 152,84 hari. Hal ini berarti proyek dapat diselesaikan 18 hari lebih cepat dari target jadwal penyelesaian proyek yang telah ditentukan yaitu 8 juni 2009 – 30 November 2009. Sehingga jika proyek dimulai pada tanggal 8 Juni 2009 maka diharapkan akan selesai pada tanggal 10 November 2009. Hasil perbandingan ketiga estimasi dapat dilihat pada kurva distribusi normal (Lampiran A5).

Nilai angka $Z = 4.85$ diperoleh angka probabilitas sebesar 0,99. Hal ini berarti bahwa probabilitas pencapaian target proyek (T) = 166 hari adalah 99%. Probabilitas penyelesaian proyek terhadap target waktu yang telah ditetapkan PT. Prima Damai Mandiri mendekati 100% akan tercapai jika dibandingkan dengan hasil perencanaan waktu penyelesaian proyek yang diharapkan diperoleh yaitu 147,85 hari. Probabilitas mendekati 100% disebabkan oleh selisih antara waktu penyelesaian proyek yang diharapkan dengan waktu proyek terjadwal adalah 18 hari sehingga kemungkinan pencapaian target proyek sangat besar.

Validitas data waktu yang digunakan dalam perencanaan waktu penyelesaian proyek konstruksi rumah tipe 135/200 m² Jasmine ditentukan dengan cara yaitu perbandingan antara estimasi waktu yang dilakukan oleh Supervisor dan Kepala Tukang dan diperoleh hasil yang tidak jauh berbeda antara keduanya yakni 147,85 hari dengan nilai probabilitas 99,99% dan 153,22 hari dengan nilai probabilitas 99,64%. Estimasi waktu dari Kepala Tukang dapat

dilihat pada Lampiran A6. Berdasarkan hasil perhitungan waktu perencanaan yang diperoleh tidak melebihi waktu yang telah ditentukan perusahaan yaitu 147.85 hari atau $153,22 \text{ hari} \leq 166 \text{ hari}$.

Jalur aktivitas kritis dengan waktu yang diharapkan (*expected duration time*) adalah aktivitas (3 - 4 - 6 - 7 - 9 - 11 - 13 - 14 - 26 - 44 - 27 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 71 - 28 - 54 - 55 - 56 - 57 - 58 - 59 - 60 - 67 - 128 - 72 - 108 - 144).

Adapun yang dimaksud jalur aktivitas kritis pada proyek pengerjaan konstruksi rumah tipe 135/200 m² Jasmine adalah sebagai berikut :

1. Aktivitas 3 yaitu pekerjaan pembersihan lokasi yang dilaksanakan dengan waktu 1,17 hari.
2. Aktivitas 4 yaitu pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank yang dikerjakan setelah pekerjaan pembersihan lokasi dan harus selesai dalam 1,17 hari.
3. Aktivitas 6 yaitu pekerjaan galian tanah pondasi tapak yang dilaksanakan setelah pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank dan harus selesai dalam waktu 10,17 hari.
4. Aktivitas 7 yaitu pekerjaan galian tanah sloof yang dikerjakan setelah galian tanah pondasi tapak dan harus diselesaikan dalam waktu 5 hari.
5. Aktivitas 9 yaitu pekerjaan urugan pasir dibawah sloof. Dan pekerjaan ini harus diselesaikan bersamaan dengan galian tanah pondasi tapak dalam waktu 2,17 hari.
6. Aktivitas 11 yaitu pekerjaan cor lantai kerja bawah sloof 1:3:5 yang dikerjakan setelah pekerjaan urugan pasir dibawah sloof dan harus diselesaikan dalam waktu 3 hari.
7. Aktivitas 13 yaitu pekerjaan cor sloof beton bertulang 20 x 30 K.225 yang dikerjakan setelah pekerjaan cor lantai bawah sloof dan cor beton bertulang pondasi tapak K.225 yang harus selesai dalam waktu 3 hari.
8. Aktivitas 14 yaitu urugan pondasi dan sloof. Dilaksanakan setelah pekerjaan cor sloof beton bertulang 20 x 30 K.225 dan harus diselesaikan dalam waktu 3,17 hari.

9. Aktivitas 26 yaitu pekerjaan pasangan batu bata trasram $\frac{1}{2}$ batu 1:2 t = 30 cm yang dikerjakan setelah pekerjaan cor sloof beton bertulang 20 x 30 K.225 dan pekerjaan urugan pondasi dan sloof yang harus diselesaikan selama 3,17 hari.
10. Aktivitas 44 yaitu pekerjaan pemasangan kusen pintu yang dikerjakan setelah pekerjaan pasangan batu bata trasram $\frac{1}{2}$ batu dan harus diselesaikan dalam waktu 3 hari.
11. Aktivitas 27 yaitu pekerjaan pasangan dinding batu bata $\frac{1}{2}$ batu 1:4 yang dilaksanakan setelah pekerjaan pemasangan kusen pintu dan kusen jendela yang harus diselesaikan dalam waktu 13,33 hari.
12. Aktivitas 16, 17, 18, dan 19 yaitu pekerjaan cor beton bertulang kolom (K3) 10x30 K.225, cor kolom (K2) 10x20 K.225, cor kolom praktis (K1) 10x10, dan cor kolom praktis (K1) 10x10 yang dikerjakan secara bersamaan dengan total waktu pengerjaan 14 hari dan harus diselesaikan setelah 1 hari pekerjaan pasangan dinding batu bata $\frac{1}{2}$ batu 1:4 selesai dikerjakan.
13. Aktivitas 20, 21, 22, 22, 23, dan 24 merupakan serangkaian pekerjaan yang tidak dapat dipisahkan dan dikerjakan secara bersamaan yang harus diselesaikan dalam waktu 10 hari.
14. Aktivitas 71 yaitu pekerjaan instalasi titik lampu dan stop kontak yang dikerjakan setelah 20 hari pekerjaan cor plat lantai T = 120 mm K.225 atau sebelum pekerjaan plesteran dan aci dinding bata. Dan harus diselesaikan dalam waktu 12 hari.
15. Aktivitas 28 yaitu pekerjaan plesteran dan aci dinding bata 1:4 yang bisa dilaksanakan setelah pekerjaan instalasi titik lampu dan stop kontak selesai 50% dan harus diselesaikan dalam waktu 19 hari.
16. Aktivitas 54 yaitu pekerjaan urugan tanah bawah lantai dipadatkan yang dikerjakan setelah pekerjaan plesteran dinding dan harus diselesaikan dalam waktu 4 hari.

17. Aktivitas 55 yaitu pekerjaan urugan pasir bawah lantai $t = 5$ cm yang dilaksanakan setelah pekerjaan urugan tanah bawah lantai dipadatkan dan harus diselesaikan dalam waktu 3 hari.
18. Aktivitas 56 yaitu pekerjaan cor lantai kerja bawah lantai 1:2:3 $t = 5$ cm yang dikerjakan setelah pekerjaan urugan pasir bawah lantai dan harus diselesaikan dalam waktu 4 hari.
19. Aktivitas 57 yaitu pekerjaan pemasangan keramik lantai utama 40x40 yang dikerjakan setelah pekerjaan cor lantai kerja bawah lantai selesai dan harus diselesaikan dalam waktu 15 hari.
20. Aktivitas 58 yaitu pekerjaan pemasangan keramik lantai garasi 30x20 yang dikerjakan setelah pekerjaan pemasangan keramik lantai utama selesai dan harus diselesaikan dalam waktu 1 hari.
21. Aktivitas 59 yaitu pekerjaan pemasangan keramik teras depan 40x40 yang dikerjakan setelah pekerjaan pemasangan keramik lantai garasi selesai dan harus diselesaikan dalam waktu 1 hari.
22. Aktivitas 60 yaitu pekerjaan pemasangan keramik teras belakang 40x40 yang dikerjakan setelah pekerjaan pemasangan keramik lantai teras depan 40x40 selesai dan harus diselesaikan dalam waktu 1 hari.
23. Aktivitas 67 yaitu pekerjaan pemasangan plin lantai teras belakang dan harus diselesaikan bersamaan dengan pekerjaan pemasangan keramik teras belakang.
24. Aktivitas 128 yaitu pekerjaan cat air dinding luar yang dikerjakan setelah aktivitas 29, 66, dan 67 yang harus diselesaikan dalam waktu 10.17 hari
25. Aktivitas 72 dan 108 yaitu pemasangan asesoris amatur lampu lantai 1 dan 2 yang dikerjakan setelah pekerjaan cat dinding luar dan dalam selesai. Dan harus diselesaikan dalam masing-masing waktu 2 hari.
26. Aktivitas 144 yaitu pekerjaan pembersihan akhir yang harus selesai dalam waktu 4 hari.

Berdasarkan uraian analisa yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa penggunaan waktu PERT dengan tiga estimasi waktu dapat memberikan rentang waktu atau toleransi waktu pada aktivitas sehingga ketidakpastian kondisi dilapangan seperti hujan, kondisi cuaca yang buruk, keterlambatan material dapat diminimasi dalam proses penjadwalan proyek secara keseluruhan.

5.2 Pengendalian Waktu

Dari rencana awal, selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap waktu proyek dengan melakukan *overlapping* (tumpang tindih) jadwal dari item pekerjaan. Dari hasil pengolahan data didapat bahwa pengendalian waktu penyelesaian proyek dengan analisis jaringan AON dengan penggunaan *lead*, *lag*, dan *constrain* dapat mempercepat penyelesaian proyek menjadi 147,85 hari.

Contoh penggunaan *lead*, *lag*, dan *constrain* dalam analisis waktu AON dapat mengoptimalkan urutan waktu pengerjaan, contohnya pada aktivitas **urugan pasir bawah sloof** (aktivitas 9) dengan menggunakan hubungan (*constrain*) *finish to finish* dengan aktivitas **galian tanah sloof** sehingga pekerjaan **galian tanah sloof** dapat dilaksanakan secara paralel tanpa harus menunggu pekerjaan pada aktivitas 7 selesai. Artinya pekerjaan urugan pasir bawah sloof mengikuti pekerjaan galian tanah sloof dan selesai dalam waktu yang sama dan dapat sehingga dapat mengefisiensikan waktu selama 2,17 hari. Pada pekerjaan **plesteran dan aci dinding bata** dengan menggunakan *lead* 6 hari (waktu mendahului) aktivitas **instalasi titik lampu dan stop kontak**, artinya pekerjaan **plesteran dan aci dinding bata** dapat dimulai setelah pekerjaan **instalasi titik lampu dan stop kontak** berjalan selama 6 hari atau 50% dari pekerjaan tersebut. Hal ini berarti dapat mengurangi waktu selama 6 hari.

Dengan penggunaan variasi dari AON hubungan pekerjaan, maka dapat dimungkinkan penyusunan waktu atau jadwal yang lebih efektif dan efisien. Yang dimaksud dengan efektif dan efisien disini adalah jadwal pelaksanaan pekerjaan lebih padat dan waktu luang yang tersedia menjadi lebih sedikit.

Dari hasil analisis, terdapat selisih waktu penyelesaian proyek sebesar 166 hari – 148 hari = 18 hari lebih cepat. Hal ini berarti penyusunan waktu dengan analisis jaringan kerja *AON* memungkinkan untuk memperpendek jadwal proyek sehingga waktu proyek menjadi lebih optimal dan hal ini juga akan mengoptimalkan penggunaan sumber daya tenaga kerja.

5.3 Pengendalian Sumber Daya

Untuk mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja, maka diadakan tindakan *levelling*. *Levelling* pada kasus ini diorientasikan pada batasan jumlah sumber daya manusia dan fluktuasi sumber daya manusia.

Pemerataan batasan jumlah tenaga kerja dilakukan dengan menggeser beberapa aktivitas yang mengalami kelebihan alokasi tenaga kerja dengan cara aktivitas tersebut dialokasikan pada aktivitas dengan muatan tenaga kerja yang minimum. Hal ini dilakukan dengan memperhatikan hubungan ketergantungan antar aktivitas dan penggeseran pekerjaan harus diperhatikan dan dipertimbangkan hingga batas yang memungkinkan yaitu dengan memperhatikan waktu luang yang tersedia (*total slack*), jika tidak maka penggeseran pekerjaan tersebut akan berakibat bergesernya waktu pelaksanaan. Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *Microsoft Project 2003* didapat kebutuhan jumlah tenaga kerja setelah dilakukan pemerataan tenaga kerja (*resource leveling*) diperoleh hasil penggunaan tenaga kerja perharinya yaitu 8 orang perhari. Sedangkan kebutuhan tenaga kerja maksimal perhari sebanyak 21 orang dengan waktu penyelesaian proyek dipersingkat 18 hari lebih cepat. Hal ini akan mengoptimalkan pengalokasian tenaga kerja pada proyek, sehingga kendala akibat tenaga kerja dapat diatasi dan proyek akan dapat dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang diharapkan.

5.4 Keterkaitan Penelitian dengan Beberapa Keilmuan Teknik Industri

Teknik industri (*Industrial Engineering*) merupakan ilmu tentang perencanaan (*planning*), perancangan (*designing*), perbaikan (*improvement*), dan penyusunan (*installation*) sistem integral yang terdiri dari manusia, mesin, material, modal, energi dan informasi. Pada penelitian yang telah dilakukan ini lebih mengarah pada manajemen proyek. Namun pada hasil penelitian tersebut memiliki keterkaitan dengan beberapa keilmuan teknik industri seperti Sistem Produksi, Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi, Akuntansi Manajerial, dan keilmuan industri lainnya.

1. Hubungan Penelitian dengan Sistem Produksi

Pada suatu sistem produksi dalam penelitian ini memiliki hubungan yang lebih menitikberatkan pada perencanaan untuk mengadakan atau melaksanakan suatu proses produksi. Di dalam pelaksanaan proses produksi diperlukan adanya penentuan urutan proses dan jadwal pelaksanaan proses (waktu kerja) dari perusahaan yang bersangkutan. Urutan kerja yang harus dilaksanakan dalam penyelesaian proses produksi ini harus disusun dengan sebaik-baiknya, sehingga tidak terjadi penumpukan kerja pada salah satu stasiun kerja dalam perusahaan tersebut. Sebaliknya, untuk menyusun jadwal proses produksi, maka urutan kerja yang akan dilaksanakan untuk seluruh kegiatan yang ada di dalam perusahaan tersebut harus diketahui terlebih dahulu. Aktivitas penjadwalan produksi pada dasarnya berkaitan dengan bagaimana menyusun dan memperbaharui jadwal produksi, mengevaluasi efektifitas dari jadwal yang dibuat, dan memberikan laporan evaluasi dalam periode waktu tertentu untuk keperluan umpan balik dan tinjauan ulang. Dalam pembahasan penelitian ini juga menjelaskan mengenai perencanaan yang meliputi identifikasi kegiatan, perkiraan waktu kegiatan, dan urutan atau hubungan ketergantungan antar kegiatan. Berdasarkan perencanaan tersebut dibuatlah jadwal sumber daya yang diperlukan seperti tenaga kerja, material, dan biaya untuk setiap kegiatan. Selanjutnya dibuatlah suatu

laporan perkembangan proyek dan memperbaharui jadwal dalam menghadapi setiap perubahan selama proyek berlangsung.

2. Hubungan Penelitian dengan Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi

Pengaturan sistem kerja yang baik merupakan salah satu usaha untuk mencapai efisiensi dan efektivitas kerja yang baik sehingga dapat meningkatkan produktivitas sumber daya. Pengaturan beban kerja yang sesuai kemampuan, alokasi tenaga kerja sesuai volume pekerjaan, dan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan sangat mempengaruhi kinerja sumber daya khususnya pada tenaga kerja. Pengaturan kerja tersebut juga akan dapat memenuhi konsep ergonomi yaitu bekerja secara wajar dengan kemampuan kerja rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan agar tidak terjadi kelebihan beban kerja (*overload*). Pada penelitian ini juga telah dibahas durasi waktu pekerjaan, alokasi tenaga kerja sesuai volume dan kemampuan kerja pekerja dengan pemerataan tenaga kerja sehingga penyelesaian proyek tersebut lebih optimal.

3. Hubungan Penelitian dengan Akuntansi Manajerial

Keilmuan akuntansi manajerial sangat erat hubungannya terhadap pengendalian biaya proyek. Dalam pelaksanaan proyek mungkin terjadi penyimpangan biaya seperti biaya aktual yang dikeluarkan lebih kecil daripada biaya penyelesaian volume pekerjaannya atau sebaliknya biaya aktual yang dikeluarkan lebih besar daripada biaya penyelesaian volume pekerjaannya. Kondisi tersebut kemungkinan-kemungkinan yang terjadi selama berlangsungnya proyek. Oleh karena itu perlu adanya pengendalian biaya dari pihak perusahaan agar sasaran dan tujuan proyek tercapai.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis terhadap hasil yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap perencanaan, data perkiraan waktu pelaksanaan proyek perumahan “Bella Vista Garden” tipe 135/200 m² Jasmine diperoleh waktu penyelesaian proyek adalah 147,85 hari (*Most Likely Time, m*), waktu tercepatnya (*Optimistic Duration, a*) adalah 142,86 hari, dan proyek tersebut akan dapat diselesaikan selambat-lambatnya (*Pessimistic Duration, b*) 152,84 hari, maka pembangunan proyek diharapkan dapat diselesaikan dalam 147,85 hari (*expected time, te*). Sehingga jika proyek dimulai pada tanggal 8 Juni 2009 maka diharapkan akan selesai pada tanggal 10 November 2009. Jalur aktivitas kritis dengan waktu yang diharapkan (*expected duration time*) adalah aktivitas (3 - 4 - 6 - 7 - 9 - 11 - 13 - 14 - 26 - 44 - 27 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 71 - 28 - 54 - 55 - 56 - 57 - 58 - 59 - 60 - 67 - 128 - 72 - 108 - 144). Probabilitas proyek tersebut akan dapat diselesaikan pada target $T = 166$ hari adalah sebesar 99,99 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa kemungkinan besar atau sebagian besar proyek akan dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari waktu target perusahaan yaitu 166 hari.
2. Pada tahap pengendalian waktu, setelah dilakukan analisis terhadap waktu proyek dengan analisis jaringan kerja diperoleh waktu penyelesaian proyek selama 147,85 hari. Dan setelah dilakukan pemerataan tenaga kerja durasi penyelesaian proyek menjadi 148 hari dengan penggunaan tenaga kerja perharinya yaitu 8 orang perhari. Sedangkan kebutuhan tenaga kerja maksimal perhari sebanyak 21 orang. Hal ini terjadi karena ada pergeseran aktivitas pada jalur kritis dengan keterbatasan tenaga kerja sehingga mempengaruhi total waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, waktu penyelesaian proyek menjadi lebih optimal yaitu

selama 148 hari, jika proyek dimulai pada tanggal 8 Juni 2009 maka diharapkan akan selesai pada tanggal 11 November 2009. Sehingga *overlocated resources* dapat diatasi dan fluktuasi penggunaan sumber daya tidak begitu tajam.

6.2 Saran-Saran

Setelah mengetahui, baik hasil penelitian ini maupun kenyataan pelaksanaan dan pengelolaan proyek, maka penulis memberikan saran-saran berikut :

1. Untuk mengatasi keterlambatan dalam melaksanakan suatu proyek, sebaiknya pengelola proyek perlu melakukan pemantauan jalannya proyek yang sedang dikerjakan dengan melakukan pengendalian terhadap tenaga kerja dengan alokasi tenaga kerja yang sesuai dengan kebutuhan agar tidak terjadi kekurangan tenaga kerja yang dapat mengakibatkan bertambahnya waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Pengelola proyek juga dapat melakukan pemendekan durasi pekerjaan dengan menambah alokasi sumber daya pada beberapa pekerjaan dengan kenaikan biaya percepatan yang minimal sehingga diharapkan pekerjaan yang dapat selesai lebih cepat dari target semula.
3. Pada proses perencanaan dan pengendalian jadwal ini tidak memiliki waktu baku penyelesaian aktivitas proyek sehingga untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan perhitungan waktu baku penyelesaian setiap aktivitas proyek.
4. Pada penelitian ini tidak membahas mengenai biaya proyek sehingga untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan perhitungan dan pengendalian biaya proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, Agus. “*Manajemen Produksi, Pengendalian Produksi*”. Buku 1, edisi 4, halaman 454-457. Penerbit BPFE, Yogyakarta. 1986.
- Daft, Richard L. “*Management, Manajemen*”. Terjemahan Edward Tanujaya dan Shirly Tiolina. Edisi 6, Buku 1, halaman 6-9. Penerbit Salemba Empat, Jakarta. 2007.
- Dimiyati, Tjutju T., dan Ahmad Dimiyati,. “*Operations Research, Model-model Pengambilan Keputusan*”. Cet. 5, halaman 181. Penerbit Sinar Baru Algesindo, Bandung. 2002.
- Dipohusodo, Istimawan. “*Manajemen Proyek & Konstruksi*”. Jilid 1, halaman 13. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. 2006.
- Gray, Clifford F., dan Erik W. Larson. “*Manajemen Proyek, Proses Manajerial*” Terjemahan Dwi Prabantini. Edisi 3, halaman 139-163. Penerbit ANDI, Yogyakarta. 2007.
- Heizer, J., Barry, Render. “*Operations Management*”. Buku 1, Edisi 7, halaman 75-100. Penerbit Salemba Empat, Jakarta. 2006.
- Husen, Abrar. “*Manajemen Proyek*”. Ed. 1, halaman 4-151. Penerbit ANDI, Yogyakarta. 2009.
- Levin, Richard I., David S. Rubin, Joel P. Stinson, dan Everette S. Gardner, Jr. “*Pengambilan Keputusan Secara Kuantitatif*”. Ed.7. Cet.4, halaman 420. PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta. 2002.
- Luthan, Putri Lynna A., dan Syafriandi. “*Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*”. Edisi 1, halaman 29. Penerbit ANDI, Yogyakarta. 2006.
- Siswanto. “*Operations Research*”. Jilid 2, halaman 3-7. Penerbit Erlangga, Jakarta. 2007
- Soeharto, Imam. “*Studi Kelayakan Proyek Industri*”. Edisi 1, halaman 226-314. Penerbit Erlangga, Jakarta. 2002.

Taylor III, Bernard W. "*Introduction to Management Science*". Terjemahan Chaerul D. Djakman, Vita Silvira, Yanivi S Bachtiar. Buku 1, Edisi 8, halaman 333-370. Penerbit Salemba Empat, Jakarta. 2005.

Widjaya, Irwan, dan Maryanti Santoso. "*Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Proyek*". Skripsi, halaman 4. Universitas Kristen Petra, Surabaya. 2007.

Yamit, Zulian. "*Manajemen Produksi dan Operasi*". Edisi 2, halaman 308. Penerbit Ekonisia, Yogyakarta. 2003.