

TUGAS AKHIR
ANALISA PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA PERKERASAN
JALAN ASPAL DAN JALAN BETON DI DAERAH LUMAJANG DENGAN
METODE PERT



KUKUH DWI SATRIA

NIM : 1614221029

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
2023

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA PERKERASAN JALAN ASPAL DAN JALAN BETON DI DAERAH LUMAJANG DENGAN METODE PERT

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Sipil Universitas Bhayangkara Surabaya

Disusun oleh :

KUKUH DWI SATRIA

1614221029

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing I



Bagus Dwipurwanto, S.T., M.T.

NIDN : 0712078802



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Mochamad Ridwan, S.ST., M.T.

NIDN : 0730109005

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA PERKERASAN JALAN ASPAL DAN JALAN BETON DI DAERAH LUMAJANG DENGAN METODE PERT

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Sipil Universitas Bhayangkara Surabaya

Disusun oleh :

KUKUH DWI SATRIA
1614221029

Tanggal Ujian : 23 Mei 2023

Periode Wisuda :

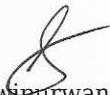
Dosen Pembimbing
Pembimbing I



Bagus Dwipurwanto, S.T., M.T.
NIDN : 0712078802

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

Penguji I



Bagus Dwipurwanto, S.T., M.T.
NIDN : 0712078802

Penguji II



Anik Budiati, S.T., M.T.
NIDN : 0729087101

Penguji III



Anis Suryaningrum, S.T., M.T.
NIDN : 0712097302



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : KUKUH DWI SATRIA
Tempat, Tanggal Lahir : Sidoarjo, 26 Pebruari 1996
NIM : 1614221029
Fakultas / Program Studi : Teknik/Teknik Sipil

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**ANALISA PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA PERKERASAN JALAN ASPAL DAN JALAN BETON DI DAERAH LUMAJANG DENGAN METODE PERT**" beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Surabaya, 23 Mei 2023
Yang Membuat Pernyataan



KUKUH DWI SATRIA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan ridho-Nya saya dapat menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Perbandingan Waktu dan Biaya Antara Perkerasan Jalan Aspal dan Jalan Beton di Daerah Lumajang Dengan Metode PERT”**. Penyusunan Tugas Akhir ini diselesaikan untuk memenuhi kewajiban penulis sebagai mahasiswa dalam rangka memenuhi syarat-syarat kurikulum yang telah ditetapkan oleh pihak Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya.

Selesainya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari peran serta pihak lain yang telah membantu dan membimbing sampai terselesaikannya laporan ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, saya ingin mengucapkan terimah kasih kepada:

1. Allah Yang Maha Esa karena berkat Kuasa-Nya, penulis diberikan kesehatan serta kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat selama perjalanan hidup penulis.
3. Bapak Bagus Dwi P, ST., MT. selaku dosen pembimbing penulis yang mengarahkan penulis dengan sabar selama penyusunan Tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bhayangkara yang telah memberikan ilmu dasar tentang Teknik Sipil.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan saya dan waktu yang tersedia, oleh karena itu saya mengharapkan saran dan petunjuk dari semua pihak untuk perbaikan dan kelengkapan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata kami mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi mahasiswa Teknik Sipil pada umumnya.

Sidoarjo, Mei 2023

Penyusun,

Kukuh Dwi Satria

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 PERT (<i>Program Evaluation and Review Technique</i>).....	4
2.1.1 Pengertian PERT.....	4
2.1.2 Karakteristik.....	4
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode PERT.....	5
2.1.4 Metodologi dan Komponen-komponen PERT.....	5
2.1.4.1 Metodologi PERT.....	5
2.1.4.2 Komponen-komponen Dalam Pembuatan PERT.....	7
2.1.4.3 Teknik Memperpendek Jadwal Proyek.....	13
2.2 CPM (<i>Critical Path Methode</i>).....	14
2.2.1 Pengertian CPM.....	14
2.2.2 Kelebihan dan Kelemahan CPM.....	15
2.2.3 Identifikasi Jalur Kritis.....	15
2.2.4 Perbedaan PERT dan CPM.....	16
2.2.5 Persamaan PERT dan CPM.....	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Konsep Penelitian.....	18

3.1	Prosedur Penelitian.....	19
BAB 4	ANALISA DATA.....	22
4.1	Data Proyek.....	22
4.2	Langkah Analisa PERT.....	22
4.2.1	Perkerasan Aspal.....	22
4.2.2	Perkerasan Beton.....	31
4.3	Tahap Analisa Biaya.....	44
4.4	Perbandingan Biaya antara Jalan Aspal dan Jalan Beton.....	46
BAB 5	PENUTUP.....	47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA.....	48
	LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Hubungan Peristiwa dan Kegiatan pada AON.....	6
Gambar 2.2 Hubungan Peristiwa dan Kegiatan pada AOA.....	6
Gambar 2.3 Contoh Kegiatan Dummy.....	7
Gambar 2.4 Awal Kegiatan 1 ke 2.....	8
Gambar 2.5 Kegiatan B dikerjakan Setelah Kegiatan A.....	8
Gambar 2.6 Kegiatan C dikerjakan Setelah Kegiatan A dan B.....	8
Gambar 2.7 Contoh Penghitungan ES dan EF.....	11
Gambar 2.8 Contoh Menghitung LS dan LF.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 4.1 Critical Path Jalan Aspal.....	29
Gambar 4.2 Critical Path Jalan Beton.....	42

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 4.1 Menentukan Aktifitas Jalan Aspal.....	22
Tabel 4.2 Menentukan Expected Time Jalan Aspal.....	23
Tabel 4.3 Menghitung ES, EF, LS & LF.....	26
Tabel 4.4 Menghitung Varian dari Tiap Kegiatan Jalan Aspal.....	27
Tabel 4.5 Menghitung Slack.....	28
Tabel 4.6 Menentukan Aktifitas Jalan Beton.....	31
Tabel 4.7 Menentukan Expected Time Jalan Beton.....	33
Tabel 4.8 Menghitung ES, EF, LS & LF.....	37
Tabel 4.9 Menghitung Varian dari Tiap Kegiatan Jalan Beton.....	39
Tabel 4.10 Menghitung Slack Jalan Beton.....	40
Tabel 4.11 Pekerjaan Aspal.....	43
Tabel 4.12 Pekerjaan Beton.....	43
Tabel 4.13 Pekerjaan Wiremesh.....	44
Tabel 4.14 Pekerjaan Bekisting.....	44
Tabel 4.15 Analisa Harga Jalan Aspal dan Jalan Beton.....	44
Tabel 4.16 Perbandingan Biaya antara Jalan Aspal dan Jalan Beton.....	45

**ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU ANTARA PERKERASAN
JALAN ASPAL DAN JALAN BETON DI DAERAH LUMAJANG DENGAN
METODE PERT
(STUDI KASUS : PERBAIKAN JALAN DI LUMAJANG)
ABSTRAK**

Proses perencanaan hingga pengendalian proyek selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi merupakan kegiatan penting dari suatu proyek. Keberhasilan atau kegagalan dari suatu proyek dapat disebabkan oleh perencanaan serta pengendalian yang kurang efektif, sehingga kegiatan proyek mengalami kegagalan. Hal tersebut akan mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas, dan meningkatnya biaya pelaksanaan.

Suatu proyek dibatasi oleh waktu dan biaya yang telah ditentukan sehingga pengelolaan dalam proyek harus dapat mengantisipasi perubahan kondisi yang terjadi. Metode PERT dapat digunakan untuk mengatur waktu penyelesaian proyek dengan lebih efisien dan efektif. Untuk dapat mengurangi dampak keterlambatan dan pembengkakan biaya proyek dapat diusulkan proses crashing dengan tiga alternatif pengendalian; penambahan tenaga kerja atau kerja lembur. Percepatan durasi dilakukan pada pekerjaan-pekerjaan yang ada di lintasan kritis serta dengan biaya percepatan yang paling kecil. Dalam penelitian ini menentukan antara perkerasan aspal dengan perkerasan beton yang lebih efektif dalam segi waktu dan biaya dan bisa diterapkan untuk proyek perbaikan jalan di Lumajang dengan batas waktu proyek yang ditentukan dari Dinas Pekerjaan Umum adalah 16 minggu atau 112 hari kalender.

Data analisa yang diperlukan untuk perbandingan dua perkerasan ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak pelaksana pekerjaan yaitu berupa RAB, time schedule, gambar pelaksanaan. Pada tugas akhir ini direncanakan alternatif desain untuk jalan aspal dengan cara analisa waktu pelaksanaan menggunakan metode PERT dan biaya berdasarkan harga satuan pokok kerja. Dari data yang didapat perbaikan jalan menggunakan perkerasan aspal memerlukan waktu 14 minggu dengan biaya Rp 7,601,000,000 dan untuk perbaikan jalan menggunakan perkerasan beton memerlukan waktu 22 minggu dengan biaya Rp. 21,171,000,000.

Kata kunci : jalan aspal, jalan beton, metode PERT

**COMPARISON ANALYSIS OF COSTS AND TIME BETWEEN ASPHALT ROADS
AND CONCRETE ROADS IN THE LUMAJANG AREA USING PERT METHOD
(CASE STUDY : REPAIRING ROAD IN LUMAJANG)
ABSTRACT**

The process of planning to project control during construction work is an important activity of a project. The success or failure of a project can be caused by ineffective planning and control, so that project activities fail. This will result in delays, decreased quality, and increased implementation costs.

A project is limited by predetermined time and costs so that project management must be able to anticipate changes in conditions that occur. The PERT method can be used to manage project completion time more efficiently and effectively. In order to reduce the impact of delays and project cost overruns, a crashing process can be proposed with three control alternatives; extra work or overtime work. Duration acceleration is carried out on jobs that are on the critical path and with the smallest acceleration costs. In this study, determining between asphalt pavement and concrete pavement which is more effective in terms of time and cost and can be applied to road improvement projects in Lumajang with a project time limit determined by the Public Works Department is 16 weeks or 112 calendar days.

The analytical data required for the comparison of the two pavements is secondary data. Secondary data is data obtained from the executor of the work in the form of budget plans, time schedules, implementation drawings. In this final project, alternative designs for asphalt roads are planned by means of time analysis using the PERT method and costs based on the cost of the work unit. From the data obtained, road repair using asphalt pavement takes 14 weeks at a cost of Rp. 7,601,000,000 and for road repair using concrete pavement requires 22 weeks at a cost of Rp. 21,171,000,000.

Key word : *asphalt road, concrete road and PERT methode*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan sebagai bagian salah satu sistem prasarana transportasi yang merupakan urat nadi kehidupan masyarakat dalam menjalankan aktifitas dan penggerak roda perekonomian, yang mempunyai peranan penting dalam usaha pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah, membentuk dan memperkuat kesatuan nasional untuk memantapkan pertahanan dan keamanan nasional, serta membentuk struktur ruang dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan nasional (I Gede Angga D, 2018).

Jalan Kandangtepus – Sarikemuning Kabupaten Lumajang merupakan salah satu jalan yang termasuk dalam kategori kelas fungsi jalan lokal primer yang menghubungkan desa ke antar desa. Jalan sepanjang 5 km ini merupakan jalan penghubung antara Desa Kandangtepus menuju Desa Sarikemuning. Jalan ini sudah dilakukan pemasangan portal akibat terjadinya kerusakan pada tahun 2018. Beberapa kerusakan yang terjadi pada Jalan Kandangtepus – Sarikemuning antara lain lubang, retak halus, alur, dan Jalan yang mengalami kerusakan akibat kendaraan angkutan barang yang muatannya lebih dapat menimbulkan masalah-masalah yang kompleks dan kerugian yang ditimbulkan tidak sedikit terutama bagi pengguna jalan. Selain itu sistem drainase yang buruk menyebabkan air hujan tidak dapat mengalir dengan lancar ketika terjadi hujan. Oleh karena itu Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Lumajang berencana melakukan perbaikan jalan tersebut. Pihak penyelenggara jalan harus dengan matang melakukan perencanaan dalam pembangunan suatu jalan dengan dana dari APBD dan APBN yang telah di anggarkan agar minim resiko terjadinya kerusakan jalan.

Pelaksanaan pekerjaan pada suatu proyek membutuhkan tidak hanya sumber daya manusia yang handal, tetapi juga suatu manajemen yang baik. Suatu proyek konstruksi dapat dikatakan berhasil apabila mampu memenuhi tujuannya yaitu selesai pada waktu yang ditentukan, sesuai dengan biaya yang dialokasikan dan memenuhi kualitas yang

disyaratkan. Manajemen proyek bertugas merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya yang ada agar dapat mencapai tujuan proyek. Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) merupakan alat bantu dalam manajemen yang berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian suatu proyek.

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Hal yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek.

Pada Metode PERT, penekanan diarahkan kepada usaha mendapatkan kurun waktu yang paling baik. Pada perencanaan dengan PERT, suatu proyek dibagi-bagi dalam banyak *event* dan kegiatan, yakni bagian-bagian kecil dari pekerjaan dan untuk tiap-tiap kegiatan ditentukan lamanya waktu yang diperlukan, sehingga seluruh pekerjaan direncanakan waktu penyelesaiannya dengan teliti.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu:

- 1) Manakah perkerasan yang lebih efisien antara perkerasan jalan aspal dengan jalan beton ditinjau dari waktu pelaksanaan?
- 2) Manakah perkerasan yang lebih efisien antara perkerasan jalan aspal dengan jalan beton ditinjau dari aspek biaya konstruksi?
- 3) Manakah dari kedua perkerasan tersebut yang paling efisien dari segi biaya dan waktu sehingga dapat diterapkan pada proyek perbaikan jalan di Lumajang?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan dalam rumusan masalah maka tujuan dari pembahasan ini adalah :

- 1) Membahas dan menganalisa tentang perkerasan jalan aspal dengan jalan beton ditinjau dari aspek waktu pelaksanaan
- 2) Membahas dan menganalisa tentang perkerasan jalan aspal dengan jalan beton ditinjau dari aspek biaya konstruksi.
- 3) Membahas tentang perkerasan yang paling efisien dari segi biaya dan waktu untuk diterapkan pada proyek Perbaikan Jalan di Lumajang.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mempersempit ruang lingkup penelitian maka penulis menentukan batas-batas penelitian sebagai berikut :

- 1) Penelitian hanya membahas penjadwalan proyek dan rencana anggaran biaya proyek.
- 2) Data yang digunakan adalah data penjadwalan dan rencana anggaran biaya proyek perbaikan Jalan Kandangtepus – Sarikemuning daerah Lumajang.
- 3) Untuk menganalisa penjadwalan proyek menggunakan metode PERT.
- 4) Perhitungan rencana analisis biaya menggunakan pedoman HSPK 2020.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang, perumusan masalah dan tujuan yang telah diuraikan diatas maka manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah dapat memberikan masukan bagi perusahaan tentang penerapan metode PERT dan menerapkan teori-teori yang telah dipelajari tentang metode PERT pada penjadwalan proyek konstruksi jalan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

2.1.1 Pengertian PERT

PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek (Febrianto,2011). PERT merupakan singkatan dari *Program Evaluation and Review Technique* (teknik menilai dan meninjau kembali program), teknik PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek (Irianie, 2015:104).

T. Hari Handoko (1993 hal. : 401) mengemukakan bahwa, PERT adalah suatu metode analisis yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek- proyek yang kompleks, yang menuntut bahwa masalah utama yang dibahas yaitu masalah teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya. Menurut Saleh Mubarak dalam bukunya yang berjudul *Construction Project Scheduling and Control-2nd ed: "PERT is an event-oriented network analysis technique used to estimate project duration when individual activity duration estimates are highly uncertain."* PERT adalah suatu kondisi yang berorientasi analisis jaringan teknik yang digunakan untuk memperkirakan durasi proyek ketika memperkirakan durasi kegiatan individu yang sangat tidak pasti.

2.1.2 Karakteristik

1. Karakteristik PERT

Dari langkah-langkah penjelasan metode PERT maka bisa dilihat suatu karakteristik dasar PERT, yaitu sebuah jalur kritis dengan diketahuinya jalur kritis ini maka suatu proyek dalam jangka waktu penyelesaian yang lama dapat diminimalisasi (I Gede Angga D, 2018).

2. Karakteristik Proyek

- a. Kegiatannya dibatasi oleh waktu; sifatnya sementara, diketahui kapan mulai dan berakhirnya.
- b. Dibatasi oleh biaya.
- c. Dibatasi oleh kualitas.
- d. Biasanya tidak berulang-ulang

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode PERT

1. Kelebihan pada metode PERT

- a. Berguna pada tingkat manajemen proyek.
- b. Secara matematis tidak terlalu rumit.
- c. Menampilkan secara grafis menggunakan jaringan untuk menunjukkan hubungan antarkegiatan.
- d. Dapat ditunjukkan jalur kritis, jalur yang tidak ada *slack* nya atau halangan.
- e. Dapat memantau kemajuan proyek.
- f. Dapat diketahui waktu seluruh proyek akan diselesaikan.
- g. Mengetahui apa saja kegiatan kritis yaitu kegiatan yang akan menunda proyek jikaterlambat dikerjakan.
- h. Apa kegiatan non-kritis : kegiatan yang boleh dikerjakan terlambat.
- i. Mengetahui probabilitas proyek selesai pada waktu tertentu.
- j. Mengetahui jumlah uang yang dibelanjakan sesuai rencana sesuai dengan proyek tersebut.
- k. Efisiensi jumlah sumberdaya yang ada dapat menyelesaikan proyek tepat waktu.

2. Kekurangan pada metode PERT

- a. Kegiatan proyek harus didefinisikan dengan jelas.
- b. Hubungan antar kegiatan harus ditunjukkan dan dikaitkan.
- c. Perkiraan waktu cenderung subyektif oleh perancang PERT.
- d. Terlalu focus pada jalur kritis, jalur yang terlama dan tanpa hambatan.

2.1.4 Metodologi dan Komponen-komponen PERT

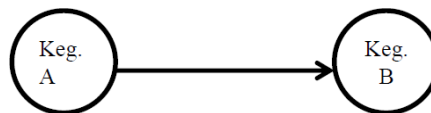
2.1.4.1 Metodologi PERT

PERT merupakan metode yang digunakan dalam analisis network. Analisis network bertujuan untuk membantu dalam penjadwalan dan pengawasan kompleks

yang saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain. Hal ini dilakukan agar perencanaan dan pengawasan semua kegiatan itu dapat dilakukan secara sistematis, sehingga dapat diperoleh efisiensi kerja. Metodologi PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang merepresentasikan kejadian (*event*) (Iranie, 2015:104). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang merepresentasikan suatu pekerjaan (*task*) dalam sebuah proyek. Arah dari garis menunjukkan suatu urutan pekerjaan. Ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu :

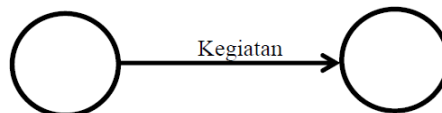
- a) Kegiatan pada titik (*activity on node – AON*)

Pada AON, titik menunjukkan kegiatan



Gambar 2.1 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AON

Kegiatan pada panah (*activity on arrow – AOA*) Pada AOA, panah menunjukkan aktivitas.



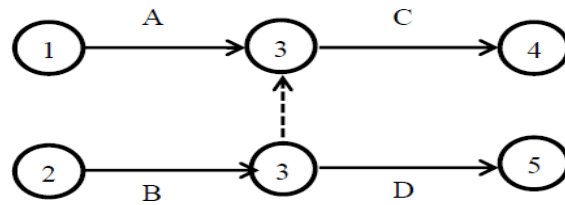
Gambar 2.2 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AOA

AOA kadang-kadang memerlukan tambahan kegiatan *dummy* untuk memperjelas hubungan. Kegiatan *dummy* adalah kegiatan yang sebenarnya tidak nyata, sehingga tidak membutuhkan waktu dan sumberdaya. *Dummy* digambarkan dengan garis putus-putus dan diperlukan bila terdapat lebih dari satu kegiatan yang mulai dan selesai pada *event* yang sama. Kegunaan dari kegiatan *dummy* (semu) yaitu:

- a) Untuk menunjukkan urutan pekerjaan yang lebih tepat bila suatu kegiatan tidak secara langsung tergantung pada suatu kegiatan lain.
- b) Untuk menunjukkan urutan pekerjaan yang lebih tepat bila suatu kegiatan tidak secara langsung tergantung pada suatu kegiatan lain.

c) Untuk menghindari network dimulai dan diakhiri oleh lebih dari satu peristiwa dan menghindari dua kejadian dihubungkan oleh lebih dari satu kegiatan.

Contoh :



Gambar 2.3 Contoh Kegiatan Dummy

Keterangan:

Kegiatan A dan B harus sudah selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai. Sedangkan D dapat dimulai segera setelah B selesai dan tidak bergantung dengan A.

2.1.4.2 Komponen-komponen Dalam Pembuatan PERT

Komponen-komponen dalam pembuatan PERT adalah :

a. Kegiatan (*activity*)

Suatu pekerjaan/tugas dimana penyelesaiannya memerlukan periode waktu, biaya, serta fasilitas tertentu. Kegiatan ini diberi simbol tanda panah.

b. Peristiwa (*event*)

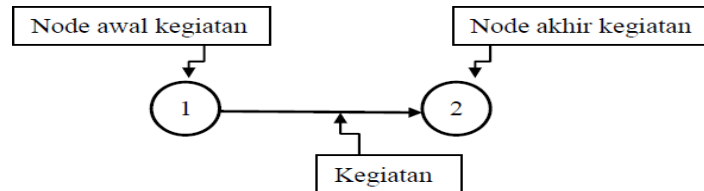
Menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Peristiwa diberi symbol lingkaran (nodes) dan nomor, dimana nomor dimulai dari nomor kecil bagi peristiwa yang mendahuluinya.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan network PERT:

- 1) Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahului harus sudah selesaidikerjakan.
- 2) Anak panah menunjukkan urutan dalam mengerjakan pekerjaan.
- 3) Nodes diberi nomor supaya tidak terjadi penomoran nodes yang sama.
- 4) Dua buah peristiwa hanya bisa dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
- 5) *Network* hanya dimulai dari suatu kejadian awal yang sebelumnya tidak ada pekerjaan yang mendahului dan *network* diakhiri oleh satu kejadian saja.

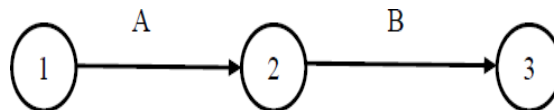
Berikut adalah penjelasan *network* PERT melalui contoh gambar.

- 1) Sebuah kegiatan (*activity*) merupakan proses penyelesaian suatu pekerjaan selama waktu tertentu dan selalu diawali oleh node awal dan diakhiri oleh node akhir yaitu saat tertentu atau *event* yang menandai awal dan akhir suatu kegiatan.



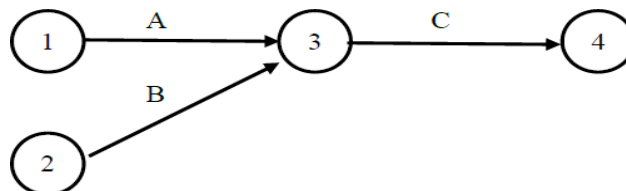
Gambar 2.4 Awal kegiatan 1 ke 2

- 2) Kegiatan B baru bisa dimulai dikerjakan setelah kegiatan A selesai



Gambar 2.5 Kegiatan B dikerjakan setelah kegiatan A

- 3) Kegiatan C baru bisa mulai dikerjakan setelah kegiatan A dan B selesai.



Gambar 2.6 Kegiatan C dikerjakan setelah kegiatan A dan B

c. Waktu Kegiatan (*activity time*)

Activity time adalah kegiatan yang akan dilaksanakan dan berapa lama waktu penyelesaiannya. Ada 3 estimasi waktu yang digunakan dalam penyelesaian suatu kegiatan :

- 1) Waktu optimistik (a)

Waktu kegiatan yang dilaksanakan berjalan baik tidak ada hambatan.

2) Waktu realistik (m)

Waktu kegiatan yang dilaksanakan dalam kondisi normal dengan hambatan tertentu yang dapat diterima.

3) Waktu pesimistik (b)

Waktu kegiatan dilaksanakan terjadi hambatan lebih dari semestinya.

d. Taksiran Waktu Penyelesaian Kegiatan

Ketiga estimasi waktu kemudian digunakan untuk mendapatkan waktu kegiatan yang diharapkan (*expected time*) dengan rumus :

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} \dots \dots \dots 2.1$$

(Sumber : Aryo Andri Nugroho, 2007)

Untuk menghitung varians waktu penyelesaian kegiatan, maka dihitung dengan rumus

$$v = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2 \dots \dots \dots 2.2$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

PERT menggunakan varians kegiatan jalur kritis untuk membantu menentukan varians proyek keseluruhan. Varians proyek dihitung dengan menjumlahkan varians kegiatan kritis :

$$\sigma^2\rho = \text{varians proyek} = \Sigma (\text{varians kegiatan pada jalur kritis})$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

Untuk menghitung standar deviasi , maka dihitung dengan rumus :

$$\text{Standard Deviasi} = \sqrt{\text{Variansi Proyek}} \dots \dots \dots 2.3$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

e. Penjadwalan proyek

Untuk menentukan jadwal proyek, harus dihitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan. Adapun dua waktu awal dan dua waktu akhir yaitu :

- 1) *Earliest Start (ES)* : *early start* atau mulai terdahulu adalah waktu paling awal dimana suatu kegiatan sudah dapat dimulai, dengan asumsi semua kegiatan pendahulu atau semua kegiatan yang mengawalinya sudah selesai dikerjakan.
- 2) *Earliest Finish (EF)* : *early finish* atau selesai terdahulu adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat selesai.
- 3) *Latest Start (LS)* : *latest start* atau mulai terakhir adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Latest start* menunjukkan waktu toleransi terakhir dimana suatu kegiatan harus mulai dilakukan.
- 4) *Latest Finish (LF)* : *Latest Finish* atau selesai terakhir adalah waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek (Aryo Andri Nugroho, 2007).

Dalam menentukan jadwal proyek dapat menggunakan proses *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, sedangkan LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

1) Forward Pass

Forward pass digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu terdahulu. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan. Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF dari pendahulunya. Jika suatu kegiatan mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, dengan rumusan:

$$ES = \text{Max} (EF \text{ semua pendahulu langsung}) \dots \dots \dots 2.4$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

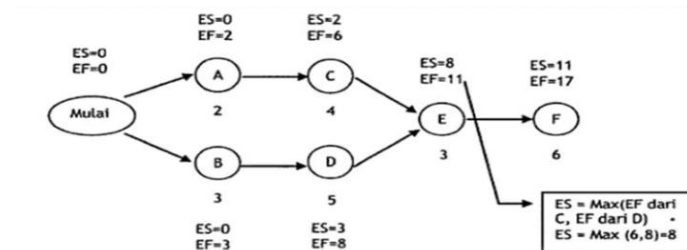
Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan:

$$EF = ES + \text{waktu kegiatan} \dots \dots \dots 2.5$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

Meskipun forward pass memungkinkan untuk menentukan waktu

penyelesaian proyek terdahulu, ia tidak mengidentifikasi jalur kritis. Untuk mengidentifikasi jalur kritis, perlu dilakukan *backward pass* untuk menentukan nilai LS dan LF untuk semua kegiatan. Berikut contoh penghitungan ES dan EF :



Gambar 2.7 Contoh penghitungan ES dan EF

Penjelasan:

- ES dari A = 0 diperoleh dari EF sebelumnya (mulai) = 0
- EF dari A = 2 diperoleh dari ES = 0 + waktu dari A (2)
- Apabila ada dua jalur untuk ES, pilihlah EF yang paling maksimum.

2) *Backward Pass*

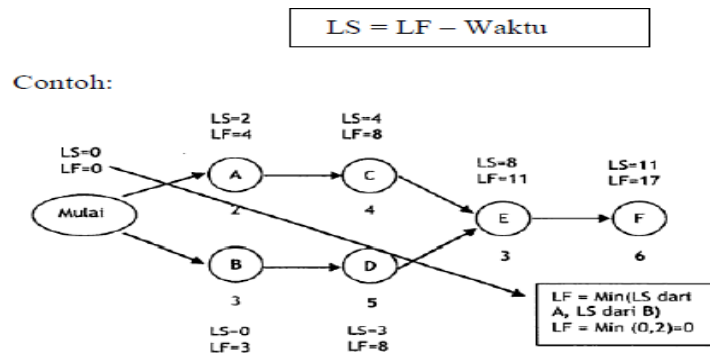
Backward Pass digunakan untuk menentukan waktu paling akhir yang masih dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan *forward pass*. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama harus menentukan nilai LF-nya, diikuti dengan nilai LS. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi hanya satu kegiatan, LF-nya sama dengan LS dari kegiatan yang secara langsung mengikutinya. Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu kegiatan, maka LF-nya adalah nilai minimum dari seluruh nilai LS dari kegiatan-kegiatan yang secara langsung mengikutinya, dengan rumusan:

$$LF = \min(\text{LS dari seluruh kegiatan yang langsung} \dots \dots \dots) \quad 2.6$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

waktu mulai terakhir (LS) dari suatu kegiatan adalah perbedaan antarwaktu selesai terakhir (LF) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan :



Gambar 2.8 Contoh menghitung LS dan LF (Aryo Andri Nugroho, 2007)

Penjelasan :

- LS dan LF dari F diperoleh dari ES = 11 dan EF=17 (contoh dari forward pass)
- LF dari E = 11 diperoleh dari LS sebelumnya (F) = 11
- LS dari E = 8 diperoleh dari LF = 11 – waktu dari E (3)
- Apabila ada dua jalur untuk LF, yang dipilih adalah LS yang paling minimum.

f. Jalur Kritis

Waktu penyelesaian rangkaian kegiatan-kegiatan di dalam sebuah proyek akan memberikan gambaran mengenai waktu penyelesaian proyek itu. Namun, karena sebuah proyek terdiri atas rangkaian kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan, maka penentuan waktu penyelesaian sebuah proyek ditentukan oleh jalur kritis (*critical path*), yaitu jalur penyelesaian rangkaian kegiatan terpanjang. Waktu penyelesaian jalur ini akan menandai waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, istilah jalur kritis juga mengisyaratkan bahwa perubahan waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan pada jalur kritis akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Pada *network* proyek, dapat ditemukan *float/slack* yaitu sisa waktu atau waktu mundur aktivitas, sama dengan LS-ES atau LF-EF. *Float/slack* memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja. *Slack time* akan selalu muncul pada rangkaian kegiatan yang bukan merupakan jalur kritis, dan tidak akan pernah muncul pada jalur kritis.

Slack time menjadi perhatian manajemen karena *slack time* akan menjadi sumber daya yang bisa digunakan dan sumber penghematan yang mungkin dilakukan

oleh manajemen. Ini dipakai pada waktu penggunaan *network* dalam praktek, atau digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja. *Slack* terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) *Total float/slack* (S)

Jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan.

2) *Free float/slack* (SF)

Jumlah waktu di mana penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya *event* lain pada *network*.

2.1.4.3 Teknik Memperpendek Jadwal Proyek

Proyek adalah serangkaian kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan alokasi sumber daya yang tersedia dan bertujuan untuk melaksanakan tugas yang telah ditetapkan. Penjadwalan proyek adalah rencana pengurutan kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan sasaran khusus dengan saat penyelesaian yang jelas.

Setiap aktivitas dalam proyek, pada dasarnya dituntut agar mampu menggunakan waktu secara efektif dan efisien dengan hasil yang berkualitas. Untuk itu digunakan analisis dengan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

a. Metode Menggunakan Model Optimasi

Pada percepatan PERT menggunakan model optimasi sarannya yaitu pada probabilitas yang dihasilkan. Pada tahap ini diasumsikan biaya yang dikeluarkan adalah biaya percepatan secara keseluruhan. Sedangkan biaya pada hasil optimasi hanya sebagai nilai untuk mencari probabilitas yang dimaksud.

Percepatan waktu pada proyek dengan metode PERT merupakan percepatan secara probabilitas. Dengan mengalokasikan sejumlah biaya tambahan pada jalur kritis, diharapkan dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek beberapa hari.

Untuk itu digunakan model matematika yang akan dibentuk dari distribusi probabilitas normal. Dalam kaitannya digunakan distribusi probabilitas standar.

b. Metode Menggunakan CPM

Pada percepatan PERT menggunakan metode percepatan CPM. Pada metode ini biaya yang dikeluarkan diharapkan sesuai dengan waktu percepatan yang dihasilkan. Sehingga pada pengerjaannya lebih terarah pada biaya tiap satuan waktu dan jalur kegiatannya.

2.2 CPM (*Critical Path Methode*)

2.2.1 Pengertian CPM

CPM (*Critical Path Method*) merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan yang kritis dan membuatnya agar dapat menjadi secara manual matematis (Yundha, 2011)

Menurut Jamal Mustofa (2012) CPM (*Critical Path Method*) atau Analisis Jalur Kritis merupakan salah satu metode analisis jaringan kerja yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan dan memonitor proyek-proyek seperti membangun gedung, memelihara sistem komputer, riset dan pengembangan, dan lain-lain.

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Critical Path Method merupakan suatu metode perencanaan dan pengendalian proyek-proyek yang merupakan sistem yang paling banyak digunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Jalur Metode Kritis (CPM) adalah teknik untuk menganalisis proyek dengan menentukan urutan terpanjang tugas atau urutan tugas sesuai dengan tingkat kekenduran melalui jaringan proyek (Newbold, 1998).

Menurut Samuel (2004) Metode Jalur Kritis (CPM) adalah salah satu dari beberapa teknik yang saling terkait untuk melakukan perencanaan proyek. CPM adalah proyek-proyek yang terdiri dari sejumlah kegiatan. Jika beberapa kegiatan memerlukan

kegiatan lain untuk menyelesaikan sebelum mereka dapat memulainya, maka proyek menjadi jaringan yang kompleks dari kegiatan.

CPM (*Critical Path method*) adalah matematis yang berbasis algoritma yang digunakan untuk penjadwalan serangkaian proyek kegiatan. Hal ini penting karena CPM merupakan alat penting untuk manajemen proyek yang efektif (Jesse dan Desirae, 2009).

Metode CPM merupakan metode perencanaan penjadwalan proyek konstruksi yang dapat menunjukkan aktivitas-aktivitas kritis. Aktivitas-aktivitas kritis tersebut sangat mempengaruhi waktu penyelesaian pekerjaan dari salah satu aktivitas kritis terlambat maka proyek akan mengalami keterlambatan pelaksanaannya, yang berarti akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan (James J.O'Brien, P.E, 1971).

Jadi CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

2.2.2 Kelebihan dan Kelemahan CPM

1. Kelebihan Critical Path Method :

- a. Menghemat waktu dan biaya proyek.
- b. Alat komunikasi yang efektif.
- c. Sangat berguna untuk mengetahui pekerjaan mana yang bersifat kritis.
- d. Dapat digunakan untuk menghitung toleransi keterlambatan suatu pekerjaan yang tidak bersifat kritis (Aryo Andri Nugroho, 2007).

2. Kelemahan *Critical Path method* :

- a. Pekerjaan yang terlalu banyak.
- b. Penilaian durasi pekerjaan.
- c. Penilaian interdependensi pekerjaan.
- d. Pembuatan dan pembacaan jadwal yang jauh lebih sulit (Aryo Andri Nugroho, 2007).

2.2.3 Identifikasi Jalur Kritis

Ada dua metode dimana CPM (Critical Path Method) dapat diidentifikasi jalur kritisnya, antara lain :

1. Mengarah ke depan.

Forward Pass (mengarah ke depan) merupakan waktu yang paling awal dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut “*early start*” sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut “*early finish*”. Dalam metode penentuan jalur kritis, yang paling awal diidentifikasi adalah kemungkinan waktu untuk memulai proyek dan kemudian serangkaian kegiatan untuk mengidentifikasi waktu penyelesaian (Aryo Andri Nugroho, 2007).

2. Mengarah ke belakang

Backward Pass (mengarah ke belakang) merupakan waktu paling akhir dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu penyelesaian proyek didasarkan pada kerja mundur dari waktu akhir pada kegiatan terakhir untuk mengawali kegiatan pertama. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut “*latest start*” sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut “*latest finish*” (Aryo Andri Nugroho, 2007).

2.2.4 Perbedaan PERT dan CPM

- a) PERT merupakan teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap kegiatan yaitu waktu tercepat, terlama, serta terlayak. CPM hanya memiliki satu jenis informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
- b) PERT menekankan tepat waktu, sebab dengan penyingkatan waktu maka biaya proyek turut mengecil, sedangkan pada CPM menekankan tepat biaya.
- c) Dalam PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidental), sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan. Meskipun demikian, CPM dan PERT mempunyai tujuan yang sama dimana analisis yang digunakan adalah sangat mirip yaitu dengan menggunakan diagram anak panah.
- d) PERT memusatkan perhatian pada penemuan waktu penyelesaian kegiatan yang

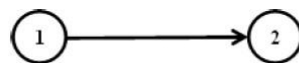
bersifat probabilistik sehingga waktu penyelesaian proyek bisa dianalisis dengan menggunakan hukum-hukum statistik. CPM lebih memusatkan perhatiannya pada penemuan waktu percepatan suatu kegiatan dengan biaya minimum agar proyek bisa selesai dalam waktu tertentu, contohnya mengerahkan sumberdaya tambahan untuk memperpendek durasi pekerjaan.

e) PERT digunakan pada proyek yang taksiran waktu kegiatannya tidak bisa dipastikan, misal kegiatan tersebut belum pernah dilakukan atau memiliki variasi waktu yang besar. CPM digunakan apabila taksiran waktu pengerjaan setiap kegiatan dapat diketahui dengan baik, dimana penyimpangannya relatif kecil atau dapat diabaikan.

f) PERT *events oriented*, menggunakan pendekatan *activity on node* (AON).

Contoh :

Contoh :



1 = mulai membuat saluran
 2 = selesai membuat saluran
 1-2 = membuat saluran

CPM *activities oriented*, menggunakan pendekatan *activity on arrow* (AOA).

Contoh :



X = membuat saluran

g) PERT mencurahkan perhatiannya di area penelitian dan pengembangan program. CPM terutama digunakan untuk program konstruksi.

h) PERT mengasumsikan sebuah distribusi probabilitas untuk waktu di tiap kegiatan sehingga kelengkapan perkiraan waktu untuk semua kegiatan diperlukan (Aryo Andri Nugroho, 2007).

2.2.5 Persamaan PERT dan CPM

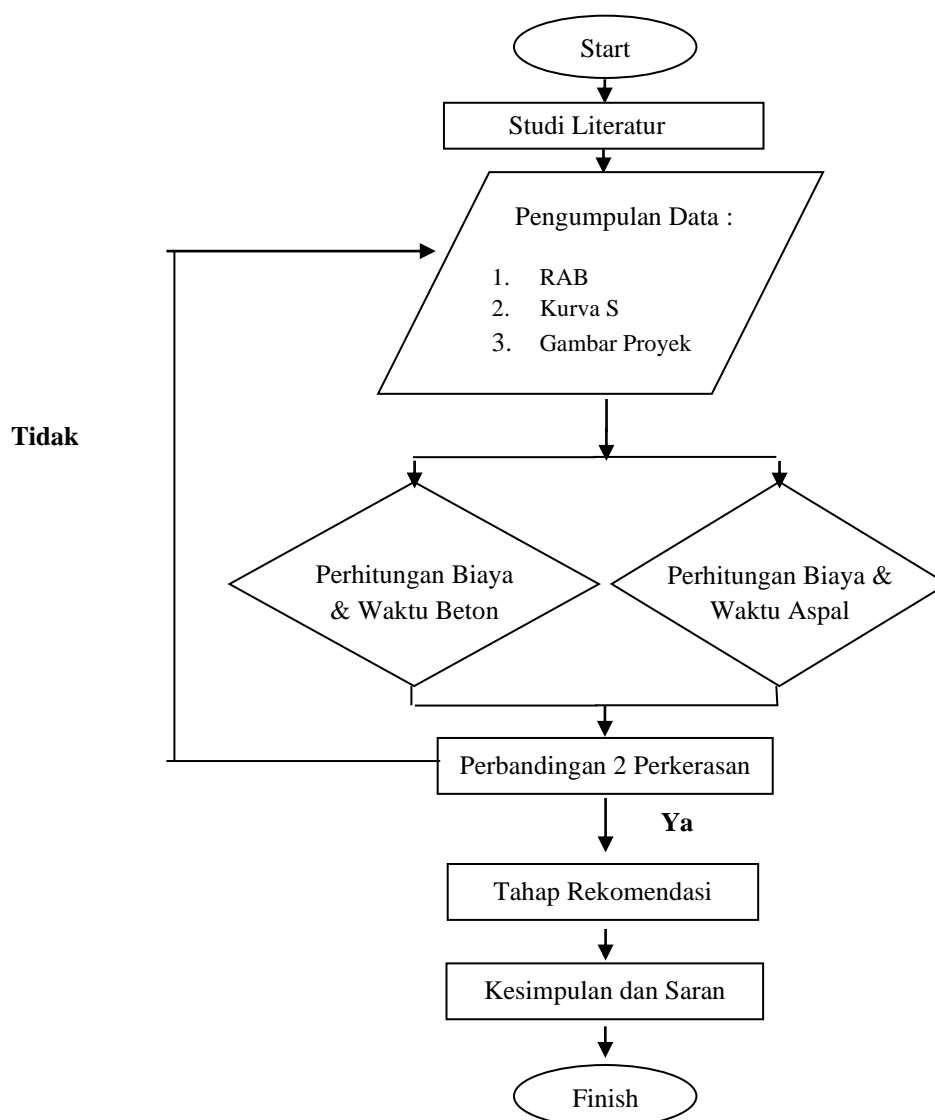
- Menggunakan diagram anak panah untuk menggambarkan kegiatan, perencanaan, dan pengendalian proyek.
- Mengenal istilah jalur kritis dan float (slack).
- Memerlukan prasyarat dalam melaksanakan kegiatan.

Mendeskripsikan aktifitas proyek dalam jaringan kerja dan mampu dilakukan berbagai analisis untuk pengambilan keputusan tentang waktu, biaya serta penggunaan sumber daya (Aryo Andri Nugroho,2007).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Konsep Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian yang membandingkan efektifitas penggunaan perkerasan jalan aspal dan perkerasan jalan beton ditinjau dari dua aspek biaya dan waktu, studi kasus pada proyek Perbaikan Jalan di Lumajang yang dikerjakan oleh PT. Muri Agung Abadi sebagai kontraktor pelaksanaanya. Berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur dan langkah-langkah penelitian dalam Tugas Akhir ini akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur dan Daftar Pustaka

Studi dan pengumpulan literatur sebagai bahan acuan dan sumber teori yang diperlukan dalam tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian tugas akhir ini meliputi jenis kegiatan pada proyek pembangunan kapal cepat rudal, jadwal dan durasi kegiatan, ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya, perkiraan biaya serta elemen pendukung lainnya.

3. Menyusun *Project Evaluation and Review Technique* (PERT)

Pembuatan jadwal proyek menggunakan metode *Project Evaluation and Review Technique* sesuai dengan urutan ketergantungan proyek dimana semua aktivitas yang ada harus dihubungkan satu sama lainnya sesuai dengan logika ketergantungan yang biasa terjadi pada proyek konstruksi. Lalu dari *Project Evaluation and Review Technique* ini akan diketahui jalur kritis dan aktivitas kritis yang kemungkinan besar akan menyebabkan keterlambatan pada proyek perbaikan jalan di daerah Lumajang.

4. Membuat skenario keterlambatan

Menyusun skenario keterlambatan dengan memasukkan unsur- unsur ketidak pastian yang dapat memperlambat jalannya proyek dengan memasukkan hal apa saja yang dapat menyebabkan keterlambatan pada proyek dan bagaimana akibatnya terhadap waktu durasi proyek perbaikan jalan di daerah Lumajang.

5. Mengetahui aktivitas yang terlambat

Dengan analisa sensitivitas maka akan diketahui aktivitas mana sajakah yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek. Namun, apabila belum juga diketahui aktivitas yang terlambat maka dilakukan penyusunan jadwal ulang menggunakan *Project Evaluation and Review Technique* sampai menemukan aktivitas yang dapat membuat mundurnya waktu penyelesaian proyek.

6. Analisa proyek menggunakan analisa *Critical Path* pada PERT

Membuat analisa percepatan proyek menggunakan analisa *Critical Path* pada PERT sehingga diketahui jalur kritisnya.

7. Menghitung biaya

Menghitung besar volume pekerjaan, serta merencanakan biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kerja, yang mana analisa Harga Satuan Pekerjaan menjadi acuan dalam membuat anggaran biaya perbaikan jalan.

8. Kesimpulan dan Saran

Dengan adanya kesimpulan dari penelitian maka dapat disusun saransaran yang berguna sebagai peningkatan kinerja perusahaan dan sebagai referensi pada penelitian yang selanjutnya.

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Data Proyek

Berikut merupakan identitas proyek pelaksanaan perbaikan jalan di daerah Lumajang :

- 1) Nama Proyek : Perbaikan Jalan di daerah Lumajang
- 2) No Kontrak : 602.1/3551.18.011/427.59/2022
- 3) Pemilik Proyek : Dinas Perencanaan Umum
- 4) Kontraktor Pelaksana : PT. Muri Agung Abadi
- 5) Lokasi Proyek : Lumajang
- 6) Sumber Pendanaan : APBD Kota Lumajang Tahun 2021
- 7) Nilai Kontrak : Rp. 7,601,000,000,-
- 8) Batasan Denda : 0,1% (1permil) perhari maksimum 5%
- 9) Sifat Kontrak : Lump Sum
- 10) Waktu Pelaksanaan : 16 Minggu / 112 Hari Kalender
- 11) Waktu pemeliharaan : 180 Hari Kalender

4.2 Langkah Analisa PERT

4.2.1 Perkerasan Aspal

1. Menentukan waktu aktifitas (optimistic time, pessimistic time, most likely time)

Optimistic time (a) merupakan waktu terpendek kejadian yang mungkin dapat diselesaikan.

Pessimistic time (b) merupakan waktu terpanjang kejadian yang mungkin dibutuhkan dalam penyelesaian proyek/kegiatan dengan asumsi bahwa segalanya bisa saja berjalan tidak sesuai rencana.

Most likely time (m) merupakan waktu yang sering terjadi apabila suatu aktivitas diulang beberapa kali.

Tabel 4.1 Menentukan Aktifitas Jalan Aspal

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)
Area 1					
Cleaning area	A	-	0.5	1	2
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2
Basecourse	C	B	0.5	1	2
Pemadatan	D	C	0.5	1	2
Kliciran aspal	E	D	1	1	3
Lapisan aspal hotmix	F	E	1.5	2	3
Area 2					
Cleaning area	G	F	0.5	1	2
Perataan Tanah	H	G	0.5	1	2
Basecourse	I	H	0.5	1	2
Pemadatan	J	I	0.5	1	2
Kliciran aspal	K	J	1	1	3
Lapisan aspal hotmix	L	K	1.5	2	3

2. Menentukan expected time

Expected time merupakan waktu yang diharapkan untuk dapat menyelesaikan aktifitas. Expected time dapat dihitung menggunakan rumus:

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Dimana : a = optimistic time,
m = most likely time
b = pessimistic time.

Area 1

Cleaning area : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Perataan tanah : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Basecourse : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Pemadatan : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Kliciran aspal : $t = \frac{1+(4x1)+3}{6} = 1$ minggu

Lapisan aspal hotmix : $t = \frac{1.5+(4x2)+3}{6} = 2$ minggu

Area 2

Cleaning area : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Perataan tanah : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Basecourse : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Pemadatan : $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu

Kliciran aspal : $t = \frac{1+(4x1)+3}{6} = 1$ minggu

Lapisan aspal hotmix : $t = \frac{1.5+(4x2)+3}{6} = 2$ minggu

Tabel 4.2 Menentukan Expected Time Jalan Aspal

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata'' (Waktu yang diperkirakan)
Area 1						
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1
Kliciran aspal	E	D	1	1	3	1
Lapisan aspal hotmix	F	E	1.5	2	3	2
Area 2						
Cleaning area	G	F	0.5	1	2	1
Perataan Tanah	H	G	0.5	1	2	1
Basecourse	I	H	0.5	1	2	1
Pemadatan	J	I	0.5	1	2	1
Kliciran aspal	K	J	1	1	3	1
Lapisan aspal hotmix	L	K	1.5	2	3	2

3. Menentukan *Critical Path* dengan menghitung *Earliest Start Time*, *Earliest Finish Time*, *Last Start Time*, dan *Last Finish Time*

➤ Perhitungan *Earliest Start Time* (ES) :

ES = waktu yang sebelumnya + *most likely time*

Area 1

Cleaning area : $ES = 0$

Perataan tanah : $ES = 0 + 1 = 1$

Basecourse : $ES = 1 + 1 = 2$

Pemadatan : $ES = 2 + 1 = 3$

Kliciran aspal : $ES = 3 + 1 = 4$

Lapisan aspal hotmix : $ES = 4 + 1 = 5$

Area 2

Cleaning area	: $ES = 5 + 2 = 7$
Perataan tanah	: $ES = 7 + 1 = 8$
Basecourse	: $ES = 8 + 1 = 9$
Pemadatan	: $ES = 9 + 1 = 10$
Kliciran aspal	: $ES = 10 + 1 = 11$
Lapisan aspal hotmix	: $ES = 11 + 1 = 12$

➤ Perhitungan *Earliest Finish Time* (EF) :

EF = Rata-rata waktu yang diperkirakan + *Earliest Start Time*

Area 1

Cleaning area	: $EF = 1 + 0 = 1$
Perataan tanah	: $EF = 1 + 1 = 2$
Basecourse	: $EF = 1 + 2 = 3$
Pemadatan	: $EF = 1 + 3 = 4$
Kliciran aspal	: $EF = 1 + 4 = 5$
Lapisan aspal hotmix	: $EF = 2 + 5 = 7$

Area 2

Cleaning area	: $EF = 7 + 1 = 8$
Perataan tanah	: $EF = 8 + 1 = 9$
Basecourse	: $EF = 9 + 1 = 10$
Pemadatan	: $EF = 10 + 1 = 11$
Kliciran aspal	: $EF = 11 + 1 = 12$
Lapisan aspal hotmix	: $EF = 12 + 2 = 14$

➤ Perhitungan *Last Start Time* (LS) :

LS = LF - ds

Area 1

Cleaning area	: $LS = 1 - 1 = 0$
Perataan tanah	: $LS = 2 - 1 = 1$
Basecourse	: $LS = 3 - 1 = 2$
Pemadatan	: $LS = 4 - 1 = 3$
Kliciran aspal	: $LS = 5 - 1 = 4$

Lapisan aspal hotmix : $LS = 7 - 2 = 5$

Area 2

Cleaning area : $LS = 8 - 1 = 7$

Perataan tanah : $LS = 9 - 1 = 8$

Basecourse : $LS = 10 - 1 = 9$

Pemadatan : $LS = 11 - 1 = 10$

Kliciran aspal : $LS = 12 - 1 = 11$

Lapisan aspal hotmix : $LS = 14 - 2 = 12$

➤ Perhitungan *Last Finish Time* (LF) :

LF = Total waktu – *most likely time*

Area 1

Cleaning area : $LF = 2 - 1 = 1$

Perataan tanah : $LF = 3 - 1 = 2$

Basecourse : $LF = 4 - 1 = 3$

Pemadatan : $LF = 5 - 1 = 4$

Kliciran aspal : $LF = 7 - 2 = 5$

Lapisan aspal hotmix : $LF = 8 - 1 = 7$

Area 2

Cleaning area : $LF = 9 - 1 = 8$

Perataan tanah : $LF = 10 - 1 = 9$

Basecourse : $LF = 11 - 1 = 10$

Pemadatan : $LF = 12 - 1 = 11$

Kliciran aspal : $LF = 14 - 2 = 12$

Lapisan aspal hotmix : $LF = 14$

Tabel 4.3 Menghitung ES,EF, LS & LF

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF
Area 1									
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4
Kliciran aspal	E	D	1	1	3	1	4	5	5
Lapisan aspal hotmix	F	E	1.5	2	3	2	5	7	7
Area 2									
Cleaning area	G	F	0.5	1	2	1	7	8	8
Perataan Tanah	H	G	0.5	1	2	1	8	9	9
Basecourse	I	H	0.5	1	2	1	9	10	10
Pemadatan	J	I	0.5	1	2	1	10	11	11
Kliciran aspal	K	J	1	1	3	1	11	12	12
Lapisan aspal hotmix	L	K	1.5	2	3	2	12	14	14

4. Menghitung Varians dari Tiap Kegiatan

Varians dari tiap kegiatan dapat dihitumh menggunakan rumus :

$$v = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

Area 1

Cleaning area : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Perataan tanah : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Basecourse : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Pemadatan : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Kliciran aspal : $v = \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = 0.33$

Lapisan aspal hotmix : $v = \left(\frac{3-1.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Area 2

Cleaning area : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Perataan tanah : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Basecourse : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Pemadatan : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Kliciran aspal : $v = \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = 0.33$

Lapisan aspal hotmix : $v = \left(\frac{3-1.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Tabel 4.4 Menghitung Varians dari Tiap Kegiatan Jalan Aspal

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - d	Varians
Area 1											
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1	0	0.25
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2	1	0.25
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3	2	0.25
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4	3	0.25
Kliciran aspal	E	D	1	1	3	1	4	5	5	5	0.33
Lapisan aspal hotmix	F	E	1.5	2	3	2	5	7	7	5	0.25
Area 2											
Cleaning area	G	F	0.5	1	2	1	7	8	8	7	0.25
Perataan Tanah	H	G	0.5	1	2	1	8	9	9	8	0.25
Basecourse	I	H	0.5	1	2	1	9	10	10	9	0.25
Pemadatan	J	I	0.5	1	2	1	10	11	11	10	0.25
Kliciran aspal	K	J	1	1	3	1	11	12	12	11	0.33

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - d	Varian
Lapisan aspal hotmix	L	K	1.5	2	3	2	12	14	14	12	0.25

5. Menghitung Slack Atau Kelonggaran Waktu Tiap Kegiatan

Slack dapat dihitung dengan rumus: LF- EF atau LS-ES

Area 1

Cleaning area : $S = 0 - 0 = 0$

Perataan tanah : $S = 1 - 1 = 0$

Basecourse : $S = 2 - 2 = 0$

Pemadatan : $S = 3 - 3 = 0$

Kliciran aspal : $S = 5 - 5 = 0$

Lapisan aspal hotmix : $S = 5 - 5 = 0$

Area 2

Cleaning area : $S = 7 - 7 = 0$

Perataan tanah : $S = 8 - 8 = 0$

Basecourse : $S = 9 - 9 = 0$

Pemadatan : $S = 10 - 10 = 0$

Kliciran aspal : $S = 11 - 11 = 0$

Lapisan aspal hotmix : $S = 12 - 12 = 0$

Tabel 4.5 Menghitung Slack

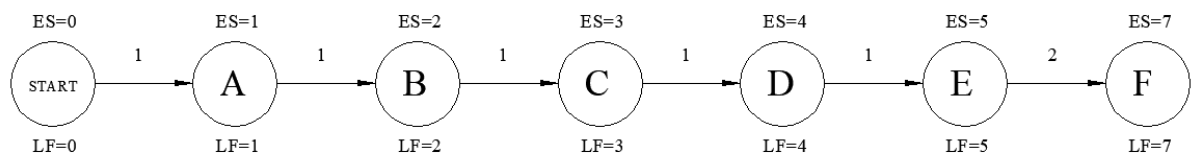
Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - d	Varian	Slack (LS-ES)
Area 1												
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1	0	0.25	0
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2	1	0.25	0
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3	2	0.25	0

Kegiatan	Kegiatan	Predessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - d	Varians	Slack (LS - ES)
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4	3	0.25	0
Kliciran aspal	E	D	1	1	3	1	4	5	5	4	0.33	0
Lapisan aspal hotmix	F	E	1.5	2	3	2	5	7	7	5	0.25	0
Area 2												
Cleaning area	G	F	0.5	1	2	1	7	8	8	7	0.25	0
Perataan Tanah	H	G	0.5	1	2	1	8	9	9	8	0.25	0
Basecourse	I	H	0.5	1	2	1	9	10	10	9	0.25	0
Pemadatan	J	I	0.5	1	2	1	10	11	11	10	0.25	0
Kliciran aspal	K	J	1	1	3	1	11	12	12	11	0.33	0
Lapisan aspal hotmix	L	K	1.5	2	3	2	12	14	14	12	0.25	0

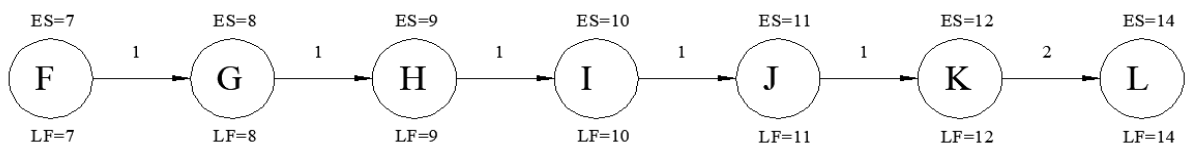
Jika hasil dari slack = 0, maka dalam proses pelaksanaan kegiatan tersebut dianggap jalur kritis dimana jika terjadi keterlambatan dalam memulai pekerjaan akan berdampak pada lama waktu penyelesaian kegiatan.

5. Identifikasi *Critical Path*

Area 1



Area 2



Gambar 4.3 Critical Path Jalan Aspal

Critical Path atau jalur kritisnya adalah A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L = 14 Minggu.

6. Menghitung Probabilitas Waktu Penyelesaian

Langkah pertama dalam menghitung probabilitas waktu penyelesaian adalah dengan

menambahkan varians kegiatan yang memiliki critical path serta menghitung standar deviasinya.

$$Z = \frac{\text{waktu yang ditentukan} - \text{durasi yang diinginkan}}{s}$$

$$Z = \frac{\text{waktu yang ditentukan} - \text{durasi yang diinginkan}}{\sqrt{\text{jumlah varian}}}$$

$$Z = \frac{16 - 14}{\sqrt{1.78}}$$

$$Z = \frac{2}{1.35} = 1,48$$

Selanjutnya menghitung nilai deviasi normal (Z) dengan rumus:

$Z = (\text{Batas waktu-waktu penyelesaian yang diharapkan}) / \text{Standar deviasi}$

Hasilnya dibaca pada table Z untuk melihat besar kemungkinan waktu penyelesaian proyek.

Hasil Pengukuran :

Diketahui bahwa hasil perhitungan deviasi normal (Z) proyek, didapat nilai 1,48 yang jika dilihat pada tabel z score, akan menunjukkan angka 0,9306. Nilai tersebut berarti, terdapat peluang sebesar 93,06% untuk dapat menyelesaikan proyek selama 16 minggu atau kurang.

4.2.2 Perkerasan Beton

1. Menentukan waktu aktifitas (optimistic time, pessimistic time, most likely time)

Optimistic time (a) merupakan waktu terpendek kejadian yang mungkin dapat diselesaikan.

Pessimistic time (b) merupakan waktu terpanjang kejadian yang mungkin dibutuhkan dalam penyelesaian proyek/kegiatan dengan asumsi bahwa segalanya bisa saja berjalan tidak sesuai rencana.

Most likely time (m) merupakan waktu yang sering terjadi apabila suatu aktivitas diulang beberapa kali.

Tabel 4.6 Menentukan Aktifitas Jalan Beton

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)
Area 1					
Cleaning area	A	-	0.5	1	2
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2
Basecourse	C	B	0.5	1	2
Pemadatan	D	C	0.5	1	2
Plastic Cor	E	D	1	1	2
Pembesian	F	E	1.5	2	4
Bekisting	G	E	1	1	3
Concrete	H	F,G	1	1	2
Finish trowel	I	H	1	1	2
Finish arsir	J	I	1	1	2
Curring time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5
Area 2					
Cleaning area	A	-	0.5	1	2
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2
Basecourse	C	B	0.5	1	2
Pemadatan	D	C	0.5	1	2
Plastic Cor	E	D	1	1	2
Pembesian	F	E	1.5	2	4
Bekisting	G	E	1	1	3
Concrete	H	F,G	1	1	2
Finish trowel	I	H	1	1	2
Finish arsir	J	I	1	1	2
Curring time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5

2. Menentukan expected time

Expected time merupakan waktu yang diharapkan untuk dapat menyelesaikan aktifitas. Expected time dapat dihitung menggunakan rumus:

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Dimana : a = optimistic time,
m = most likely time
b = pessimistic time.

Area 1

Cleaning area	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Perataan tanah	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Basecourse	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Pemadatan	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Plastic cor	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Pembesian	: $t = \frac{1.5+(4x2)+4}{6} = 2$ minggu
Bekisting	: $t = \frac{1+(4x1)+3}{6} = 1$ minggu
Concrete	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Finish trowel	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Finish arsir	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Curing time & pemeliharaan beton	: $t = \frac{3+(4x3)+5}{6} = 3$ minggu

Area 2

Cleaning area	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Perataan tanah	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Basecourse	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Pemadatan	: $t = \frac{0.5+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Plastic cor	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Pembesian	: $t = \frac{1.5+(4x2)+4}{6} = 2$ minggu
Bekisting	: $t = \frac{1+(4x1)+3}{6} = 1$ minggu
Concrete	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Finish trowel	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Finish arsir	: $t = \frac{1+(4x1)+2}{6} = 1$ minggu
Curing time & pemeliharaan beton	: $t = \frac{3+(4x3)+5}{6} = 3$ minggu

Tabel 4.7 Menentukan Expected Time Jalan Beton

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata'' (Waktu yang diperkirakan)
Area 1						
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1
Plastic Cor	E	D	1	1	2	1
Pembesian	F	E	1.5	2	4	2
Bekisting	G	E	1	1	3	1
Concrete	H	F,G	1	1	2	1
Finish trowel	I	H	1	1	2	1
Finish arsir	J	I	1	1	2	1
Curring time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5	3
Area 2						
Cleaning area	L	K	0.5	1	2	1
Perataan Tanah	M	L	0.5	1	2	1
Basecourse	N	M	0.5	1	2	1
Pemadatan	O	N	0.5	1	2	1
Plastic Cor	P	O	1	1	2	1
Pembesian	Q	P	1.5	2	4	2
Bekisting	R	P	1	1	3	1
Concrete	S	Q,R	1	1	2	1
Finish trowel	T	S	1	1	2	1
Finish arsir	U	T	1	1	2	1
Curring time & Pemeliharaan beton	V	U	3	3	5	3

3. Menentukan *Critical Path* dengan menghitung *Earliest Start Time*, *Earliest Finish Time*, *Last Start Time*, dan *Last Finish Time*

➤ Perhitungan *Earliest Start Time*

ES = waktu yang sebelumnya + most likely time

Area 1

Cleaning area : ES = 0

Perataan tanah : ES = 0 + 1 = 1

Basecourse : ES = 1 + 1 = 2

Pemadatan : ES = 2 + 1 = 3

Plastic cor : ES = 3 + 1 = 4

Pembesian	: ES = 4 + 1 = 5
Bekisting	: ES = 5 + 1 = 6
Concrete	: ES = 6 + 1 = 7
Finish trowel	: ES = 7 + 1 = 8
Finish arsir	: ES = 8 + 1 = 9
Curing time & pemeliharaan beton	: ES = 9 + 1 = 10

Area 2

Cleaning area	: ES = 10 + 3 = 13
Perataan tanah	: ES = 13 + 1 = 14
Basecourse	: ES = 14 + 1 = 15
Pemadatan	: ES = 15 + 1 = 16
Plastic cor	: ES = 16 + 1 = 17
Pembesian	: ES = 17 + 1 = 18
Bekisting	: ES = 18 + 1 = 19
Concrete	: ES = 19 + 1 = 20
Finish trowel	: ES = 20 + 1 = 21
Finish arsir	: ES = 21 + 1 = 22
Curing time & pemeliharaan beton	: ES = 22 + 1 = 23

➤ Perhitungan *Earliest Finish Time*

EF = Rata-rata waktu yang diperkirakan + Earliest Start Time

Area 1

Cleaning area	: EF = 1 + 0 = 1
Perataan tanah	: EF = 1 + 1 = 2
Basecourse	: EF = 1 + 2 = 3
Pemadatan	: EF = 1 + 3 = 4
Plastic cor	: EF = 1 + 4 = 5
Pembesian	: EF = 2 + 5 = 7
Bekisting	: EF = 1 + 6 = 7
Concrete	: EF = 1 + 7 = 8
Finish trowel	: EF = 1 + 8 = 9
Finish arsir	: EF = 1 + 9 = 10
Curing time & pemeliharaan beton	: EF = 3 + 10 = 13

Area 2

Cleaning area	: EF = 1 + 13 = 14
Perataan tanah	: EF = 1 + 14 = 15
Basecourse	: EF = 1 + 15 = 16
Pemadatan	: EF = 1 + 16 = 17
Plastic cor	: EF = 1 + 17 = 18
Pembesian	: EF = 2 + 18 = 20
Bekisting	: EF = 1 + 19 = 20
Concrete	: EF = 1 + 20 = 21
Finish trowel	: EF = 1 + 21 = 22
Finish arsir	: EF = 1 + 22 = 23
Curing time & pemeliharaan beton	: EF = 3 + 23 = 26

➤ Perhitungan *Last Start Time* (LF – ds)

$$LS = LF - ds$$

Area 1

Cleaning area	: LS = 1 – 1 = 0
Perataan tanah	: LS = 2 – 1 = 1
Basecourse	: LS = 3 – 1 = 2
Pemadatan	: LS = 4 – 1 = 3
Plastic cor	: LS = 5 – 1 = 4
Pembesian	: LS = 7 – 2 = 5
Bekisting	: LS = 7 – 1 = 6
Concrete	: LS = 8 – 1 = 7
Finish trowel	: LS = 9 – 1 = 8
Finish arsir	: LS = 10 – 1 = 9
Curing time & pemeliharaan beton	: LS = 13 – 3 = 10

Area 2

Cleaning area	: LS = 14 – 1 = 13
Perataan tanah	: LS = 15 – 1 = 14
Basecourse	: LS = 16 – 1 = 15
Pemadatan	: LS = 17 – 1 = 16
Plastic cor	: LS = 18 – 1 = 17
Pembesian	: LS = 19 – 1 = 18

Bekisting	: $LS = 20 - 1 = 19$
Concrete	: $LS = 21 - 1 = 20$
Finish trowel	: $LS = 22 - 1 = 21$
Finish arsir	: $LS = 23 - 1 = 22$
Curing time & pemeliharaan beton	: $LS = 26 - 3 = 23$

➤ Perhitungan *Last Finish Time*

LF = Total waktu – most likely time

Area 1

Cleaning area	: $EF = 1$
Perataan tanah	: $EF = 2 - 1 = 1$
Basecourse	: $EF = 3 - 1 = 2$
Pemadatan	: $EF = 4 - 1 = 3$
Plastic cor	: $EF = 5 - 1 = 4$
Pembesian	: $EF = 6 - 1 = 5$
Bekisting	: $EF = 7 - 1 = 6$
Concrete	: $EF = 8 - 1 = 7$
Finish trowel	: $EF = 9 - 1 = 8$
Finish arsir	: $EF = 10 - 1 = 9$
Curing time & pemeliharaan beton	: $EF = 13 - 3 = 10$

Area 2

Cleaning area	: $EF = 14 - 1 = 13$
Perataan tanah	: $EF = 15 - 1 = 14$
Basecourse	: $EF = 16 - 1 = 15$
Pemadatan	: $EF = 17 - 1 = 16$
Plastic cor	: $EF = 18 - 1 = 17$
Pembesian	: $EF = 19 - 1 = 18$
Bekisting	: $EF = 20 - 1 = 19$
Concrete	: $EF = 21 - 1 = 20$
Finish trowel	: $EF = 22 - 1 = 21$
Finish arsir	: $EF = 23 - 1 = 22$
Curing time & pemeliharaan beton	: $EF = 26 - 3 = 23$

Tabel 4.8 Menghitung ES, EF, LS & LF

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Earl y Start (ES)	Earl y Finis h (EF)	L F
Area 1									
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4
Plastic Cor	E	D	1	1	2	1	4	5	5
Pembesian	F	E	1.5	2	4	2	5	7	7
Bekisting	G	E	1	1	3	1	6	7	7
Concrete	H	F,G	1	1	2	1	7	8	8
Finish trowel	I	H	1	1	2	1	8	9	9
Finish arsir	J	I	1	1	2	1	9	10	10
Curring time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5	3	10	13	13
Area 2									
Cleaning area	L	K	0.5	1	2	1	13	14	14
Perataan Tanah	M	L	0.5	1	2	1	14	15	15
Basecourse	N	M	0.5	1	2	1	15	16	16
Pemadatan	O	N	0.5	1	2	1	16	17	17
Plastic Cor	P	O	1	1	2	1	17	18	18
Pembesian	Q	P	1.5	2	4	2	18	20	20
Bekisting	R	P	1	1	3	1	19	20	20
Concrete	S	Q,R	1	1	2	1	20	21	21
Finish trowel	T	S	1	1	2	1	21	22	22
Finish arsir	U	T	1	1	2	1	22	23	23
Curring time & Pemeliharaan beton	V	U	3	3	5	3	23	26	26

4. Menghitung Varians dari Tiap Kegiatan

Varians dari tiap kegiatan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$v = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

Area 1

Cleaning area : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Perataan tanah : $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$

Basecourse	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Pemadatan	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Plastic cor	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Pembesian	: $v = \left(\frac{4-1.5}{6}\right)^2 = 0.42$
Bekisting	: $v = \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = 0.33$
Concrete	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Finish trowel	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Finish arsir	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Curing time & pemeliharaan beton	: $v = \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 = 0.33$

Area 2

Cleaning area	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Perataan tanah	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Basecourse	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Pemadatan	: $v = \left(\frac{2-0.5}{6}\right)^2 = 0.25$
Plastic cor	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Pembesian	: $v = \left(\frac{4-1.5}{6}\right)^2 = 0.42$
Bekisting	: $v = \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = 0.33$
Concrete	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Finish trowel	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Finish arsir	: $v = \left(\frac{2-1}{6}\right)^2 = 0.17$
Curing time & pemeliharaan beton	: $v = \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 = 0.33$

Tabel 4.9 Menghitung Varians dari Tiap Kegiatan

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - ds	Varians
Area 1											
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1	0	0.25
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2	1	0.25
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3	2	0.25
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4	3	0.25
Plastic Cor	E	D	1	1	2	1	4	5	5	4	0.17
Pembesian	F	E	1.5	2	4	2	5	7	7	5	0.42
Bekisting	G	E	1	1	3	1	6	7	7	6	0.33
Concrete	H	F,G	1	1	2	1	7	8	8	7	0.17
Finish trowel	I	H	1	1	2	1	8	9	9	8	0.17
Finish arsir	J	I	1	1	2	1	9	10	10	9	0.17
Curing time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5	3	10	13	13	10	0.33
Area 2											
Cleaning area	L	K	0.5	1	2	1	13	14	14	13	0.25
Perataan Tanah	M	L	0.5	1	2	1	14	15	15	14	0.25
Basecourse	N	M	0.5	1	2	1	15	16	16	15	0.25
Pemadatan	O	N	0.5	1	2	1	16	17	17	16	0.25
Plastic Cor	P	O	1	1	2	1	17	18	18	17	0.17
Pembesian	Q	P	1.5	2	4	2	18	20	20	18	0.42
Bekisting	R	P	1	1	3	1	19	20	20	19	0.33
Concrete	S	Q,R	1	1	2	1	20	21	21	20	0.17
Finish trowel	T	S	1	1	2	1	21	22	22	21	0.17
Finish arsir	U	T	1	1	2	1	22	23	23	22	0.17
Curing time & Pemeliharaan beton	V	U	3	3	5	3	23	26	26	23	0.33

5. Menghitung *Slack* Atau Kelonggaran Waktu Tiap Kegiatan

Slack dapat dihitung dengan rumus: $LF - EF$ atau $LS - ES$

Area 1

Cleaning area	: $S = 0 - 0 = 0$
Perataan tanah	: $S = 1 - 1 = 0$
Basecourse	: $S = 2 - 2 = 0$
Pemadatan	: $S = 3 - 3 = 0$
Plastic cor	: $S = 4 - 4 = 0$
Pembesian	: $S = 5 - 5 = 0$
Bekisting	: $S = 6 - 6 = 0$
Concrete	: $S = 7 - 7 = 0$
Finish trowel	: $S = 8 - 8 = 0$
Finish arsir	: $S = 9 - 9 = 0$
Curing time & pemeliharaan beton	: $S = 10 - 10 = 0$

Area 2

Cleaning area	: $S = 13 - 13 = 0$
Perataan tanah	: $S = 14 - 14 = 0$
Basecourse	: $S = 15 - 15 = 0$
Pemadatan	: $S = 16 - 16 = 0$
Plastic cor	: $S = 17 - 17 = 0$
Pembesian	: $S = 18 - 18 = 0$
Bekisting	: $S = 19 - 19 = 0$
Concrete	: $S = 20 - 20 = 0$
Finish trowel	: $S = 21 - 21 = 0$
Finish arsir	: $S = 22 - 22 = 0$
Curing time & pemeliharaan beton	: $S = 23 - 23 = 0$

Tabel 4.10 Menghitung Slack Jalan Beton

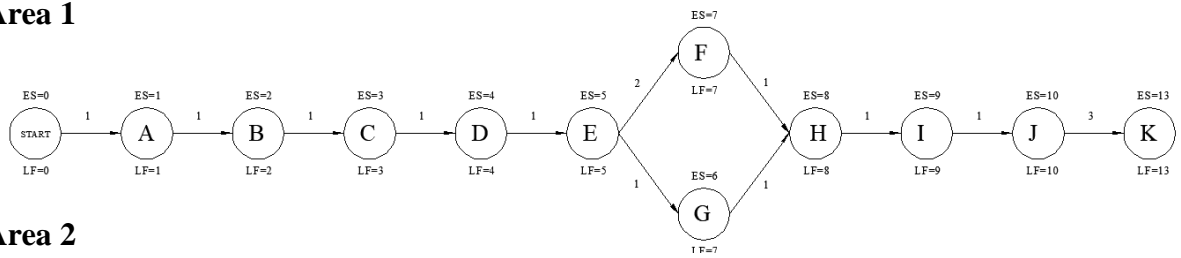
Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata" (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - d	Varians	Slack (LS - ES)
Area 1												
Cleaning area	A	-	0.5	1	2	1	0	1	1	0	0.25	0
Perataan Tanah	B	A	0.5	1	2	1	1	2	2	1	0.25	0
Basecourse	C	B	0.5	1	2	1	2	3	3	2	0.25	0

Kegiatan	Kegiatan	Predecessor	Optimistic Time (a)	Most Likely Time (m)	Pessimistic Time (b)	Rata'' (Waktu yang diperkirakan)	Early Start (ES)	Early Finish (EF)	LF	LS = LF - ds	Varians	Slack (LS - ES)
Pemadatan	D	C	0.5	1	2	1	3	4	4	3	0.25	0
Plastic Cor	E	D	1	1	2	1	4	5	5	4	0.17	0
Pembesian	F	E	1.5	2	4	2	5	7	7	5	0.42	0
Bekisting	G	E	1	1	3	1	6	7	7	6	0.33	0
Concrete	H	F,G	1	1	2	1	7	8	8	7	0.17	0
Finish trowel	I	H	1	1	2	1	8	9	9	8	0.17	0
Finish arsir	J	I	1	1	2	1	9	10	10	9	0.17	0
Curring time & Pemeliharaan beton	K	J	3	3	5	3	10	13	13	10	0.33	0
Area 2												
Cleaning area	L	K	0.5	1	2	1	13	14	14	13	0.25	0
Perataan Tanah	M	L	0.5	1	2	1	14	15	15	14	0.25	0
Basecourse	N	M	0.5	1	2	1	15	16	16	15	0.25	0
Pemadatan	O	N	0.5	1	2	1	16	17	17	16	0.25	0
Plastic Cor	P	O	1	1	2	1	17	18	18	17	0.17	0
Pembesian	Q	P	1.5	2	4	2	18	20	20	18	0.42	0
Bekisting	R	P	1	1	3	1	19	20	20	19	0.33	0
Concrete	S	Q,R	1	1	2	1	20	21	21	20	0.17	0
Finish trowel	T	S	1	1	2	1	21	22	22	21	0.17	0
Finish arsir	U	T	1	1	2	1	22	23	23	22	0.17	0
Curring time & Pemeliharaan beton	V	U	3	3	5	3	23	26	26	23	0.33	0

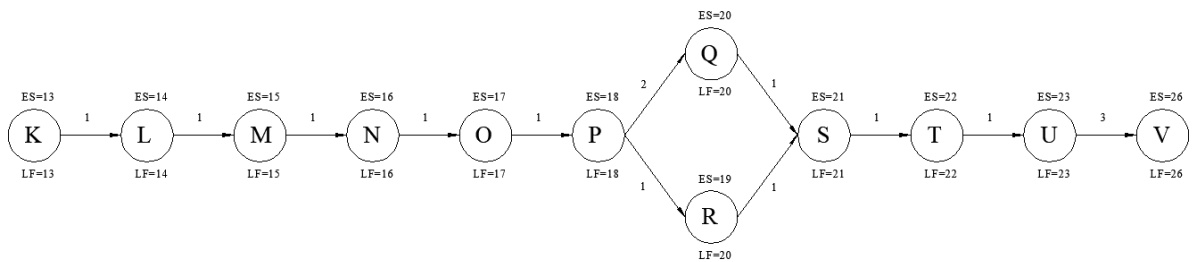
Jika hasil dari slack = 0, maka dalam proses pelaksanaan kegiatan tersebut dianggap jalur kritis dimana jika terjadi keterlambatan dalam memulai pekerjaan akan berdampak pada lama waktu penyelesaian kegiatan.

5. Identifikasi *Critical Path*

Area 1



Area 2



Gambar 4.4 Critical Path Jalan Beton

Critical Path atau jalur kritisnya adalah :

A-B-C-D-E-F-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-S-T-U-V = 26 Minggu

A-B-C-D-E-F-H-I-J-K-L-M-N-O-P-R-S-T-U-V = 25 Minggu

A-B-C-D-E-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-S-T-U-V = 25 Minggu

A-B-C-D-E-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-S-T-U-V = 24 Minggu

Jadi jalur kritisnya adalah A-B-C-D-E-F-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-S-T-U-V = 26 Minggu.

6. Menghitung Probabilitas Waktu Penyelesaian

Langkah pertama dalam menghitung probabilitas waktu penyelesaian adalah dengan menambahkan varians kegiatan yang memiliki critical path serta menghitung standar deviasinya.

$$Z = \frac{\text{waktu yang ditentukan} - \text{durasi yang diinginkan}}{s}$$

$$Z = \frac{\text{waktu yang ditentukan} - \text{durasi yang diinginkan}}{\sqrt{\text{jumlah varian}}}$$

$$Z = \frac{16 - 26}{\sqrt{8.33}}$$

$$Z = \frac{-10}{2.89} = -3.46$$

Selanjutnya menghitung nilai deviasi normal (Z) dengan rumus:

Z = (Batas waktu-waktu penyelesaian yang diharapkan)/Standar deviasi

Hasilnya dibaca pada table Z untuk melihat besar kemungkinan waktu penyelesaian

proyek.

Hasil Pengukuran :

Diketahui bahwa hasil perhitungan deviasi normal (Z) proyek, didapat nilai -3,46 yang jika dilihat pada tabel z score, akan menunjukkan angka 0,0003. Nilai tersebut berarti, terdapat peluang sebesar 0,03% untuk dapat menyelesaikan proyek selama 16 minggu atau kurang.

4.3 Tahap Analisa Biaya

Analisa yang dilakukan yaitu menghitung besar volume pekerjaan, serta merencanakan analisa biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan dengan menggunakan alternatif yang direncanakan berdasarkan HSPK tahun 2020. Berikut adalah Analisa Harga Satuan Pekerjaan Desain Jalan Aspal :

Tabel 4.11 Pekerjaan Aspal

24.08.02.34	Lapisan Aspal penetrasi (kolakan) tb. 3		m2		
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.0060	O.H	120,000.00	720.00
23.02.04.02.15.F	Supir	0.0100	O.H	105,000.00	1,050.00
23.02.04.02.16.F	Pembantu Supir	0.0100	O.H	98,500.00	985.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1200	O.H	99,000.00	11,880.00
23.02.04.01.05.F	Tenaga Pemasak Aspal	0.0600	O.H	99,000.00	5,940.00
	Jumlah:				20,575.00
	Bahan/Material:				
20.01.01.01.15.F	Aspal panas AC 60/70 (termasuk angkutan)	4.5000	Kg	12,900.00	58,050.00
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.0140	m3	466,000.00	6,524.00
20.01.01.05.04.02.F	Batu Pecah Mesin 2/3 cm	0.0400	m3	262,000.00	10,480.00
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 0.5/1 cm	0.0140	m3	466,000.00	6,524.00
	Jumlah:				81,578.00
	Sewa Peralatan:				
23.02.05.11.06.01.F	Sewa walles (min 5 jam)	0.0070	Jam	107,400.00	751.80
24.08.02.01	Biaya Menggilas dengan Mesin Gilas (walles)	0.0150	Jam	152,257.00	2,283.86
	Jumlah:				3,035.66
	Nilai HSPK :				105,188.66

Tabel 4.12 Pekerjaan Beton

24.03.01.10	Pekerjaan Beton K-300		m3		
	Bahan:				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	10.325	Zak	63,000	650,475.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor/Beton	0.425625	M3	232,100	98,787.56
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5373684211	M3	466,000	250,413.68
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
					1,005,481.25
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.083	Orang Hari	120,000	9,960.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.028	Orang Hari	110,000	3,080.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.275	Orang Hari	105,000	28,875.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				205,265.00
	Nilai HSPK :				1,210,746.25

Tabel 4.13 Pekerjaan Wiremesh

24.03.01.15		Pekerjaan Pembesian Wire Mesh		m2	Nilai HSPK :	19,920.00	
		Bahan:					
20.01.01.35.02.01.F	Kawat Ikat	0.05	Kg	23,000		1,150.00	
20.01.01.44.13.F	Wiremesh	1.02	M2	78,000		79,560.00	
				Jumlah:		80,710.00	
		Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.001	Orang Hari	120,000		120.00	
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.002	Orang Hari	110,000		220.00	
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.025	Orang Hari	105,000		2,625.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.025	Orang Hari	99,000		2,475.00	
				Jumlah:		5,440.00	
						Nilai HSPK :	86,150.00

Tabel 4.14 Pekerjaan Bekisting

24.03.01.17		Pekerjaan Bekisting		m2			
		Bahan:					
20.01.01.28.04.03.F	Paku Triplek/Eternit	0.3	Kg	22,000		6,600.00	
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.045	M3	3,200,000		144,000.00	
20.01.02.01.08.F	Minyak Bekisting	0.1	Liter	28,300		2,830.00	
				Jumlah:		153,430.00	
		Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.026	Orang Hari	120,000		3,120.00	
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.026	Orang Hari	110,000		2,860.00	
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.26	Orang Hari	105,000		27,300.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.52	Orang Hari	99,000		51,480.00	
				Jumlah:		84,760.00	
						Nilai HSPK :	238,190.00

Analisa Harga Satuan Pekerjaan diatas menjadi acuan dalam membuat Anggaran Biaya perbaikan jalan seperti yang terdapat pada Tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Analisa Harga Jalan Aspal dan Jalan Beton

PERBAIKAN JALAN

No. : 364/BOQ/MAA-DAP/MA-763/VII/2022 - Rev.00

PROYEK : DINAS PEKERJAAN UMUM

PEKERJAAN : PERBAIKAN JALAN ASPAL

AREA : LUMAJANG



PT MURI AGUNG ABADI
STEEL STRUCTURE AND GENERAL CONTRACTOR
Office : Arumaha Gedung Bumi Harau Blok B-01,
Jl Bukit Gading Raya - Kotajaya Gading, Kabupaten Uluwu 14040
Phone : (0271) 8595000 (Marketing)
Fax : (0271) 8595002
Email : muri.agung@ptmur.com.id
Website : www.ptmur.com.id



No.	URAIAN PEKERJAAN			KONTRAK			
				VOLUME	SAT	HARGA SATUAN	TOTAL
A	B	C	D	E	F	G	
<u>A.</u> PERBAIKAN JALAN ASPAL							
1.	Pekerjaan Perbaikan Jalan Aspal						
		Cleaning area	30,000.00	m2	10,000	300,000,000	
		Perataan tanah	30,000.00	m2	40,000	1,200,000,000	
		Basecourse	13,800.00	m2	120,000	1,656,000,000	
		Pemadatan tanah	30,000.00	m2	12,500	375,000,000	
		Kliciran aspal	30,000.00	m2	55,000	1,650,000,000	
		Lapisan aspal hotmix t. 6 mm (ACWC)	30,000.00	m2	80,000	2,400,000,000	
		Mob demob alat berat	1.00	ls	20,000,000	20,000,000	
					Sub Total - 1	7,601,000,000	
TOTAL PERBAIKAN JALAN ASPAL						7,601,000,000	

BAB 5

SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan pada item pekerjaan dengan desain alternatif pada proyek perbaikan jalan di daerah Lumajang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari segi waktu menggunakan perkerasan aspal lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan perkerasan beton, dimana untuk perkerasan aspal menghabiskan waktu 14 minggu sedangkan konstruksi menggunakan perkerasan beton menghabiskan waktu 26 minggu.
2. Dari analisa biaya konstruksi menggunakan perkerasan aspal lebih murah dan efisien dibandingkan dengan perkerasan beton, dimana untuk perkerasan aspal didapat biaya sebesar Rp. 7,601,000,000 dan biaya konstruksi menggunakan perkerasan beton didapat biaya sebesar Rp. 21,171,000,000.
3. Dari kedua analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan aspal lebih efisien untuk diterapkan pada proyek perbaikan jalan di daerah Lumajanga daripada perkerasan beton.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penyempurnaan penulis pada analisa tugas akhir ini adalah :

1. Untuk melakukan analisis biaya perencanaan perkerasan jalan dibutuhkan data-data yang akurat sehingga hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan.
2. Harga beton readymix sebaiknya berasal dari pabrik/produsen yang dekat dengan lokasi proyek dan perkerasan jalan beton lebih cocok digunakan pada struktur tanah lemah/ekspansif yang CBR-nya rendah tanpa perbaikan struktur tanahnya terlebih dahulu.
3. Item pekerjaan yang tidak ada pada daftar harga satuan pokok kegiatan sebaiknya dibuat dengan lebih terperinci, agar diketahui harga pekerjaan yang sesuai seperti pekerjaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Mustofa ST. MT, 2017, *Analisa Kerusakan dan Perbaikan Jalan Aspal*, ISSN 2502-3152 Vol 4 No. 2, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro.
- I Gede Angga Diputera, I Gusti Agung, Gusti Ayu Putu, 2018, *Penerapan Value Engineering (VE) Pada Proyek Pembangunan Taman Sari Apartement*, Universitas Udayana, Bali.
- Ismi Ridkiani, Budiono, Damar Susilowati, 2016, *Perkerasan Konstruksi Jembatan Prestressed Ditinjau Dari Segi Rencana Anggaran Biaya dan Rencana Waktu Pelaksanaan*, Universitas Pakuan, Bogor.
- Mega Chandra, Marsudi, Heri azwansyah, Ferry Juniardi, 2014, *Perbandingan Kelayakan Jalan Beton dan Aspal Dengan Perkerasan Analitic Hierarchy Proses*, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Noval Rinaldi, Fera Lestari, Galuh Pramita, 2022, *Identifikasi Kerusakan Jalan dan Alternatif Perbaikan Jalan Pada Ruas Jalan Tegineneng*, Universitas Teknokrat Indonesia, Bandung.
- T. Ferdian, M. Isya, Hafindar, 2018, *Analisa Hubungan dan Pengaruh Faktor-Faktor Berkontribusi Terhadap Kinerja Mutu Proyek Konstruksi Jalan di Provinsi Aceh*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Yuslan Irianie, *Analisis Efektifitas dan Efisiensi Penerapan Perkerasan dan Teknologi Smartdek Dalam Pekerjaan Plat Lantai Bangunan Gedung*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.

Lampiran