

TUGAS AKHIR

OPTIMASI PENJADUALAN PEMBANGUNAN
JEMBATAN DENGAN METODE LINIER
(STUDI KASUS)



Disusun Oleh :

RUDI HERIYUS

No. Mhs. : 87 310 055

NIRM : 87 501 433 0051

RATNANINGRUM ZUSYANA DEWI

No. Mhs. : 87 310 217

NIRM : 87 501 433 0193

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1996

TUGAS AKHIR

OPTIMASI PENJADUALAN PEKERJAAN
PEMBANGUNAN JEMBATAN DENGAN METODE LINIER
(STUDI KASUS)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh:

RUDI HERIYUS
No Mhs : 87 310 055
NIRM : 87 501 433 0051

RATNANINGRUM ZUSYANA DEWI
No Mhs : 87 310 217
NIRM : 87 501 433 0193

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
1996

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**OPTIMASI PENJADUALAN PEKERJAAN
PEMBANGUNAN JEMBATAN
DENGAN METODE LINIER
(STUDI KASUS)**

RUDI HERIYUS

No. Mhs. : 87 310 055

NIRM : 875014330051

RATNANINGRUM ZUSYANA DEWI

No. Mhs. : 87310217

NIRM : 875014330193

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :

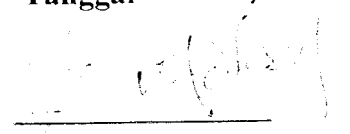
Ir. Djoko Murwono, MSCE

Pembimbing I

Ir. H. Bachnas, MSc

Dosen Pembimbing II


Tanggal 16-11-2016


Tanggal 17-11-2016

.....Dia tidak pernah mengantuk....

.....Dia tidak pernah tertidur....

Tiada yang terlaksana tanpa izinNya

Dia mengetahui segala yang

akan terjadi

dan yang telah usai

(QS. Al Baqoroh : 255)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb.

Suratan takdir memang telah tersirat pada jalan hidup seseorang. Adakalanya kita harus menahan amarah ketika terantuk batu, dan menangis gembira tatkala yang kita inginkan ada di depan mata. Allah Maha Adil, Alhamdulillah.

Setelah kenyang melalui serangkaian perjalanan, selesai juga Tugas Akhir yang terbeban pada diri kami, yaitu "Optimasi Penjadualan Pekerjaan Pembangunan Jembatan Dengan Metode Linier". Tugas Akhir ini adalah jawaban dari curiosity yang terpendam. Setelah menerima limpahan karunia dari Allah, selesailah Tugas Akhir ini. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu yang memberi kebebasan pada kami, sehingga kami tidak perlu memikirkan beras dan kertas. Terima kasih juga kepada "tim sukses" pelancar tugas ini :

1. Bpk. Ir. Susastrawan MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bpk. Ir. Bambang Sulistiono MSCE, selaku Ketua jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
3. Ir. Joko Murwono, MScE selaku Dosen Pembimbing I, atas ulasan dan segala penjelasannya. Hal itu sangat besar maknanya.

4. Ir. H. Bachnas, Msc, atas pencerahan dan waktu-waktu senggangnya.
5. Bapak Sukarmin, Kepala Bagian Administrasi Departemen Pekerjaan Umum, Daerah Istimewa Yogyakarta, atas data-data dan gambar-gambar yang kami perlukan.
6. Anaka-anak Studio '76, terima kasih atas semua pertolongannya.
7. Teman-teman Dayu & Co.,: Ir. Slamet, Ir. Item, Ir. Bule, Ir. Yudi, Ir. Gatot, Ir. Noor , Ir Nerva, Ir. Rudi, Ir. Tommo, Ir. Reza, Ir Noni, iyik,SE. Ir Jemi.
Thank's, guys. That's nice!
8. Orang-orang terkasih yang selalu menjaga agar kami senantiasa bertindak "membumi, tak tercerabut dari akarnya, dan pasrah kepadaNya"
9. Kakak-kakak dan adik-adik, atas segala dorongan dan motivasinya.

Kami yakin Allah tidak akan membiarkan umat yang berbuat baik, hidup dalam kubangan sengsara. Semoga berkah dan rahmah selalu menaunginya. Amin.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Oktober 1996

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Studi	5
1.5. Manfaat Studi	6
1.6. Batasan Istilah	6
1.7. Metodologi Penelitian	7
1.8. Metode Pelaksanaan Studi	7
BAB II. METODE PENJADUALAN LINIER	
2.1. Umum	8
2.1.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penjadualan	9
2.1.2. Beberapa Azas Penjadualan	11
2.2. Unsur-unsur Dasar Metode Penjadualan Linier	14
2.2.1. Interupsi dan Retraint	15
2.2.2. Buffer (Penyangga)	16
2.2.3. Sumber Daya	17
2.2.4. Perencanaan Waktu	18
2.2.5. Kemajuan Proyek	19
2.3. Prosedur penjadualan	21
2.4. Penyajian Model Matematik	21

BAB III. PERENCANAAN PENJADUALAN PROYEK JEMBATAN	
3.1. Umum	27
3.2. Jenis Jembatan	28
3.2.1. Jenis Jembatan Berdasar Bahannya	28
3.2.2. Jenis Jembatan Berdasar Bentuknya	28
3.3. Elemen-elemen jembatan	32
3.3.1. Elemen Bangunan Bawah	32
3.3.2. Elemen Bangunan Atas	33
3.4. Jenis Beban	33
3.4.1. Beban Primer	33
3.4.2. Beban Sekunder	35
3.4.3. Beban Khusus	36
3.4.4. Beban Kombinasi	36
3.5. Metoda Pelaksanaan	37
3.5.1. Metode Perancah	37
3.5.2. Metode Ponton	37
3.5.3. Metode Peluncuran	38
3.5.4. Metode Cantilever	38
3.6. Data Proyek	40
BAB IV. ANALISA PENJADUALAN DENGAN METODE LINIER	
4. 1. Umum	43
4. 2. Pembagian Lokasi Pekerjaan	44
4. 3. Pembagian Volume Pekerjaan	45
4. 4. Penentuan Kebutuhan Jam Kerja	48
4. 5. Hasil Perhitungan dengan Program Komputer	52
4. 6. Analisa Sumber Daya	56
4. 7. Analisa Waktu	57
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Vertical Production Methode (VPM).....	12
Gambar 2.2. Contoh Diagram Penjadualan Linier pada Jembatan.....	13
Gambar 2.3. Diagram Metode Penjadualan Linier.....	14
Gambar 2.4. Penggambaran Garis Kemajuan Kegiatan.....	15
Gambar 2.5. (a) Diagram Terjadinya Interupsi.....	16
Gambar 2.5. (b)DiagramTerjadinyaRestraint.....	16
Gambar 2.6. Diagram Kegiatan Menerus Dintara Kegiatan i dan i+j.....	17
Gambar 3.1. Kurva S.....	41
Gambar 3.2. Jembatan.....	42
Gambar 4.1. Detail Expantion Joint.....	46
Gambar 4.2. Bagan Alir Optimasi Waktu Penjadualan.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Pembagian Volume Pekerjaan 6 Lokasi	42
Tabel 4. 2. Pembagian Volume Pekerjaan 12 Lokasi.....	43
Tabel 4. 3. Produktifitas Sumber Daya.....	44
Tabel 4. 4. Kebutuhan Jam Kerja 6 Lokasi.....	45
Tabel 4. 5. Kebutuhan Jam Kerja 12 Lokasi.....	45
Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Optimasi 12 Lokasi.....	48
Tabel 4. 7. Hasil Perhitungan Optimasi 6 Lokasi.....	49
Tabel 4. 8. Alternatif Hasil Perhitungan Optimasi Terpilih.....	57
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Optimasi Terpilih.....	57

DAFTAR NOTASI

- $b(a)_{(i-1)}$ = Ketergantungan kegiatan i yang menggunakan sumber daya a terhadap sumber daya yang digunakan kegiatan $i-1$ yakni b
- b^* = Sumber daya b pada kegiatan $i-1$ yang menentukan untuk waktu start paling cepat kegiatan i
- $d_{(i,j)}$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j
- $f_{(i,j)}$ = Waktu finis untuk kegiatan i pada lokasi j
- $f_{(i-1,j)}$ = Waktu finis untuk kegiatan yang mendahului kegiatan i ($i-1$) pada lokasi j
- i = Kegiatan i
- j = Lokasi j
- k_i = Faktor konversi dari Jam-Kerja menjadi Hari-Kerja
- $L_i^{(a)}$ = Selisih waktu start kegiatan i untuk start paling cepat dengan menggunakan sumber daya a
- $L_i^{(a/b^*)}$ = Selisih waktu start kegiatan i dengan menggunakan sumber daya a terhadap waktu start paling cepat kegiatan $i-1$ dengan sumber daya b
- $P_{(i,j)}$ = Produktivitas sumber daya
- r_i = Alternatif sumber daya kegiatan i
- $S_{(i,j)}$ = Waktu start kegiatan i pada lokasi j
- $S_{(i,j-1)}$ = Waktu start kegiatan i pada lokasi sebelum j (sebelumnya)
- $S_i^{(a)}$ = Waktu start kegiatan i dengan menggunakan sumber daya a

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar proses penyelesaian pembangunan jembatan.....	1
Lembar data pelaksanaan dan sumber daya	5
Hasil cetakan dengan pemrograman komputer pada penjadualan pembangunan jembatan pada 12 lokasi.....	23
Hasil cetakan dengan pemrograman komputer pada penjadualan pembangunan jembatan pada 6 lokasi.....	40

ABSTRAKSI

Sesuai hukum alam, tak ada sebuah fenomena bersifat “paling”. Begitu juga dengan metode yang dipakai pada penelitian kali ini. Tidak ada metode analisis yang dianggap paling unggul dalam mengatur penjadualan proyek konstruksi. “Time schedule” dipakai untuk mempermudah asumsi-asumsi tentang pelaksanaan di lapangan, perkiraan kapan mulai kapan selesai, dan “progress” yang dicapai.

Metode Penjadualan Linier adalah satu diantara sekian banyak metode penjadualan yang coba kami angkat sebagai tema penelitian ini. Metode ini ditengarai mampu diimplementasikan pada proyek-proyek yang bersifat menerus dan berulang. Misalnya proyek jalan, jembatan, pemasangan pipa, dan lain-lain. Disamping pelaksanaannya sederhana, proyek-proyek tersebut mempunyai item pekerjaan yang tidak banyak.

Secara ekstrim, metode ini tidak bermaksud menggusur peran diagram “Bar-Chart” yang selama ini lazim dipakai. Tetapi alangkah lebih baiknya kalau keduanya berkomplemen, meringkas kelemahan metode “Bar-Chart”, sehingga dapat dicapai hasil yang optimal.

Pada dasarnya, metode ini adalah metode matriks biasa yang mempunyai hitungan sederhana. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan, dikombinasi dengan alternatif sumber daya yang ada, dan jumlah jam yang tersedia, memungkinkan untuk mencari hari penyelesaian yang tersingkat. Secara nalar, hal itu merupakan pekerjaan yang tidak mungkin. Tetapi dengan pemrograman komputer, maka dapat dilihat alternatif penyelesaian pekerjaan yang paling efektif

Berbeda dengan metode “Bar-Chart” yang hanya mampu menggambarkan volume pekerjaan, output dari komputerisasi metode Linier ini mampu menyajikan volume pekerjaan, hubungannya dengan sumber daya, dan kemajuan yang telah dicapai pada periode waktu tertentu. Sehingga metode ini relatif memudahkan pekerjaan kita.

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Peradaban di bagian barat Mesopotamia dan tulisan kuno bangsa Mesir sekitar tahun 200 sebelum Masehi menunjukkan telah adanya pengetahuan dan penggunaan manajemen untuk mengelola persoalan-persoalan politik. Ilmu sejenis sempat pula diterapkan pada jaman Yunani kuno dan kerajaan Romawi. Bahkan pemakaiannya berkembang di bidang praktek-praktek pemerintahan, organisasi ketentaraan, dan penyatuan usaha-usaha kelompok ekonomi. (Ali Basyah Siregar, 1987).

Seiring dengan perkembangan jaman, manajemen menjadi acuan sebuah organisasi, baik dalam bidang politik, ekonomi, maupun sosial budaya. Tak ada sebuah persoalan tanpa sentuhan manajemen. Manajemen menempatkan dirinya pada posisi yang tak mungkin terabaikan.

Proses manajemen dijalankan untuk mendapatkan optimasi hasil sebuah pekerjaan. Pada dasarnya, proses manajemen dapat dikelompokkan menjadi enam tahap, yaitu :

1. Penetapan tujuan (Goal setting)
2. Perencanaan (Planning)
3. Staffing
4. Directing
5. Supervising
6. Pengendalian (Controlling)

Pada tahap perencanaan, dibuat berbagai rencana menyangkut policy, prosedur, standar, metode, anggaran, dan schedule pekerjaan. Pada manajemen proyek, schedule sangat menentukan sukses tidaknya sebuah proyek, disamping faktor-faktor lainnya. Dengan schedule, dapat dilihat kapan proyek tersebut diharapkan mulai, dan kapan diperkirakan akan selesai.

Jadual pengendali proyek yang umum dipakai di berbagai proyek saat ini adalah diagram balok (Bar-Chart). Diagram balok dapat menggambarkan status proyek pada suatu saat, meskipun sangat sederhana. Berdasar Bar-chart pula, meskipun juga secara sederhana, dapat dibuat gambaran kebutuhan penggunaan sumber daya sepanjang pelaksanaan proyek, dan kemajuan yang berhasil dicapai selama waktu tertentu (biasa ditulis dalam kurva-S).

Berdasar pengaiaman, ternyata Bar-Chart banyak mempunyai kelemahan. Bar-Chart kurang dapat memberi gambaran mengenai ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain. Selain itu, Bar-Chart tidak dapat menampilkan hubungan antara progress di proyek, sumber daya, dan lokasi kemajuan.

Sebuah proyek biasanya mempunyai jumlah paket yang cukup banyak dalam satu tahun anggaran. Setiap periode harus mempunyai sistem pelaporan yang bertujuan untuk memberi informasi tentang keadaan proyek, sumberdaya, dan lokasinya. Bentuk informasi dibuat sesederhana mungkin agar mudah dimengerti dan dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam rangka pengendalian proyek. Hal-hal tersebut sulit dipenuhi oleh Bar-Chart karena keterbatasannya.

Serangkaian uraian di atas mendorong penulis untuk mencari pemecahannya. Hal itu juga yang mendasari pemakaian metode Linier dalam kasus ini, sehingga penulis mengambil judul : **"Optimasi Penjadualan Pekerjaan Pembangunan Jembatan Dengan Metode Penjadualan Linier"**.

1. 2. Permasalahan.

Dalam melaksanakan pembangunan suatu proyek perlu dibuat rekaman atau laporan secara periodik yang bertujuan untuk memberikan informasi tentang keadaan proyek, kemajuan proyek, lokasi kemajuan, dan sumberdaya yang masih tersedia. Bentuk informasi harus dibuat sesederhana mungkin agar mudah dimengerti dan dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam rangka pengendalian proyek. Sedangkan perencanaan dan pengendalian waktu dari suatu proyek merupakan hal penting agar proyek dapat diselesaikan sesuai dengan jangka waktu yang direncanakan. Bahkan kalau bisa dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu perencanaan tanpa mengurangi kualitas proyek.

1. 3. Pokok Masalah.

Secara definitif, masalah yang menjadi fokus dalam studi Tugas Akhir dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Adanya kelemahan dalam penggunaan metode pengendalian yang ada pada proyek jembatan.
2. Adanya keterbatasan dalam mencari minimasi waktu pada proyek jembatan.
3. Adanya Metode Penjadualan Linier yang dapat digunakan pada proyek dengan karakteristik jumlah kegiatan yang terbatas serta berulang, khususnya pada proyek jembatan.

1. 4. Batasan Masalah.

Untuk memperjelas dan mempertegas Tugas Akhir ini perlu diketengahkan batasan-batasan masalahnya, yaitu :

1. Masalah yang ditinjau adalah masalah penjadualan waktu, guna mendapatkan minimasi waktu pada proyek pembangunan jembatan.
2. Tujuan minimasi waktu adalah untuk mendapatkan waktu pelaksanaan proyek yang tercepat, dengan asumsi bahwa tidak ada pembatasan sumber daya.
3. Sumberdaya yang dimaksudkan adalah tenaga kerja, material, dan peralatan.
4. Model yang digunakan adalah model matematis dengan anggapan suatu pekerjaan dilaksanakan secara berurutan dari suatu lokasi ke lokasi sesudahnya, dan pada suatu lokasi hanya ada satu pekerjaan dalam waktu yang sama
5. Biaya dari suatu proyek tidak ditinjau sebagai suatu kendala. (khusus TA ini).

6. Penggunaan program komputer hanya merupakan alat bantu pengolahan data, sehingga bukan merupakan fokus dari studi kasus ini.
7. Yang dimaksud optimasi adalah optimasi waktu bukan optimasi biaya.

1. 5. Tujuan Studi.

1. Pemakaian/pengembangan Metode Penjadualan Linier pada penjadualan pelaksanaan suatu proyek jembatan.
2. Meninjau penerapan Metode Penjadualan Linier pada proyek pembangunan jembatan untuk mendapatkan minimasi waktu pelaksanaan.

1. 6. Manfaat Studi.

Studi tentang LSM ini diharapkan dapat menjadi alternatif untuk penjadualan waktu pelaksanaan proyek, karena sekaligus dapat menunjukkan hubungan antara kemajuan proyek, lokasi kemajuan, dan sumber daya.

1. 7. Batasan Istilah.

Optimasi adalah suatu proses untuk mendapatkan sesuatu yang tertinggi atau terendah dari suatu batasan yang disyaratkan. (Victor G. Haajek, 1984)

Pada Tugas Akhir ini yang dimaksud optimasi adalah waktu yang tercepat untuk penyelesaian pekerjaan.

Penjadualan adalah pengukuran (plotting) kegiatan-kegiatan pelaksanaan terhadap unsur waktu sepanjang waktu yang diperlukan untuk penyelesaian sekumpulan kegiatan. (Imam Sukoto, 1987)

Metode adalah cara kerja yang bersistem untuk memudahkan pelaksanaan suatu kegiatan guna memudahkan tujuan tertentu.

Metode Linier adalah metode matematis untuk mendapatkan penggunaan terbaik dari pengelolaan suatu sumber (Richard E. Levin dkk., 1993)

1. 8. Metodologi Penelitian.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Observasi, dilakukan dengan peninjauan di lapangan dan pencarian data pada kontraktor dan konsultan
2. Studi Literatur.
3. Survey di lapangan, dilakukan untuk mengetahui secara langsung data-data yang ada, terutama yang berhubungan dengan penjadualan dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

1.9. Metode Pelaksanaan Studi.

Metode pelaksanaan studi yang dipakai pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alternatif penggunaan sumber daya pada suatu kegiatan dengan menentukan ketergantungannya pada kegiatan sebelumnya, sehingga didapat waktu start yang paling cepat diantara alternatif tersebut.
2. Menentukan waktu pelaksanaan proyek yang minimal dengan memilih waktu terpendek dari alternatif penggunaan sumber daya.

3. Membuat jadwal proyek yang dimulai dari kegiatan awal sampai kegiatan terakhir dengan melihat ketergantungan kegiatan sebelumnya.

BAB II

METODE PENJADUALAN LINIER

(LINEAR SCHEDULING METHOD)

2.1. Umum.

Pada umumnya bisa dikatakan bahwa penjadualan adalah alokasi waktu yang tersedia kepada masing-masing pelaksanaan di dalam penyelesaian pekerjaan sehingga tidak saling merintang dan menghambat [4, p. 122].

Secara khusus dapat diperinci beberapa tujuan dari penjadualan ini sebagai berikut :

- a. Memberikan pedoman kepada satuan-satuan pelaksana bawahan (sub ordinate units) mengenai batas-batas waktu bagi awal dan akhir dari tugas masing-masing.
- b. Memberikan sarana bagi pimpinan pelaksanaan untuk koordinasi, terutama dalam memberikan alokasi prioritas-prioritas yang perlu.
- c. Menjadi ukuran untuk menilai kemajuan suatu pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan dengan maksud untuk menentukan saat perlunya campur tangan pimpinan pada pelaksanaan tugas satuan bawahannya (keadaan kritis).

Bekerja menurut schedule menjamin bahwa personil tidak berada di tempat kerja lebih lama dari yang diperlukan, bahan-bahan tidak disampaikan jauh sebelum waktu yang diperlukan, sehingga harus menyediakan fasilitas penvimpanan (gudang).

Pada saat pelaksanaan sedang diselenggarakan, jadual ini berguna bagi usaha

pengalokasian tugas-tugas kepada bawahan, alat-alat tidak terikat pada suatu tempat, dan pekerja tidak akan bergerombol menanti tugas. Bila hal ini terjadi, memberi kesan manajemen tidak mampu mengatur operasi di lapangan, sehingga berpengaruh pada moral pekerja.

Schedule yang baik dan sesuai dengan tujuannya, adalah sarana untuk kontrol sebagai salah satu fungsi dari manajemen. Kelambatan-kelambatan dapat segera dideteksi dan ditangani.

2.1.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi penjadwalan.

Schedule pada hakekatnya adalah pengukuran (plotting) pelaksanaan kegiatan-kegiatan kepada unsur waktu sepanjang masa yang diperlukan untuk penyelesaian sekumpulan kegiatan tersebut. Kegiatan yang dimaksud tidak hanya kegiatan di lapangan, tetapi juga meliputi alokasi dan sumber-sumber perbekalan, pembagian tenaga kerja, dan sebagainya.

Secara ringkas dapat disebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi penjadwalan adalah sebagai berikut :

1. Cuaca

Sekeras apapun usaha menyelesaikan tugas, tapi di dalam hujan tidak mungkin bekerja efektif di lapangan sehingga tidak dapat dipertanggung jawabkan secara ekonomis, lebih lebih dalam pekerjaan tanah. Oleh karena itu, biasanya

dianggap bahwa hari hujan adalah hari tidak produktif dan hal ini harus dengan jelas diperhitungkan di dalam penjadwalan pelaksanaan pekerjaan.

Keadaan cuaca yang mempengaruhi lamanya penyelesaian pekerjaan adalah :

- a. Saat Hujan.
- b. Panas yang sangat terik.
- c. Saat Turun Salju.

2. Hari Raya Nasional dan Hari Libur.

Satu minggu menurut peraturan pemerintah adalah 6 hari kerja dan dalam sehari 7 jam kerja dengan maksimum 42 jam per minggu, selebihnya dihitung sebagai kerja lembur. Hari Sabtu dan Minggu adalah hari libur yang perlu diberikan kepada para pekerja untuk istirahat. Apabila dipandang perlu bekerja secara kontinu sepanjang bulan, maka pemberian libur dilakukan secara bergilir dengan 2 hari minggu libur total. Hari raya nasional ditetapkan menteri agama dan berjumlah 14 hari per tahun.

3. Panjangnya Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Pengaruh jangka waktu pekerjaan pada penjadualan ini mudah dimengerti karena bagaimanapun keleluasaan yang terdapat dalam memperhitungkan waktu penyelesaian masing-masing pekerjaan dapat membuat lebih sederhana. Sudah barang tentu panjang waktu ini adalah relatif. Ada jenis-jenis pekerjaan yang

diberikan dalam jangka waktu tertentu bisa dikategorikan dengan jangka waktu panjang ataupun pendek.

Oleh karena itu, didalam menilai jangka waktu penyelesaian ini diambil ukuran lain, yaitu kepadatan dari jadwal pekerjaan atau dengan kata lain dinamakan intensitas pelaksanaan pekerjaan.

Semakin intensif dan padat jadwal pekerjaan, makin besar terasakan pengaruh kesalahan penilaian waktu pada usaha pencapaian sasaran pekerjaan. Intensitas ini juga ditandai dengan adanya kemampuan yang besar yang diperlukan yang biasanya berupa jumlah equipment yang banyak pula.

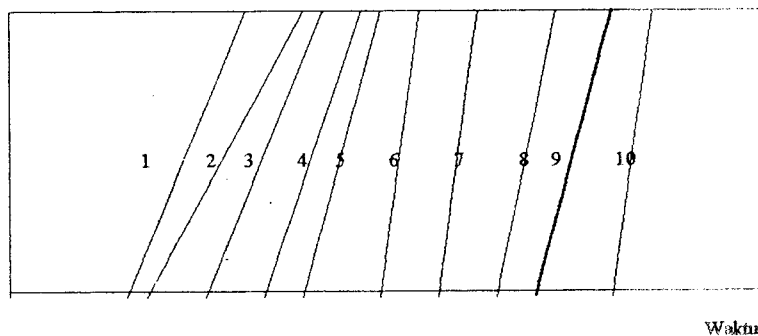
2.1.2. Beberapa Azas Penjadualan.

Pembuatan suatu jadwal waktu yang terperinci dipengaruhi oleh 4 hakekat yang tidak boleh diabaikan, yaitu :

- a. Pekerjaan-pekerjaan yang dijadualkan tidak boleh melebihi kemampuan yang tersedia untuk kegiatan pelaksanaannya.
- b. Pekerjaan-pekerjaan yang dijadualkan harus mengikuti urutan-urutan yang ditentukan untuk masing-masing kegiatan.
- c. Pekerjaan-pekerjaan yang berpengaruh pada pekerjaan lainnya harus diprioritaskan.
- d. Penjadualan harus menjamin kelangsungan ("*continuitas*") pelaksanaan pekerjaan dalam skala keseluruhan.

Metode Penjadualan Linier (*Linear Scheduling Methode*) merupakan satu diantara beberapa metode penjadualan yang jarang dipakai dalam kesehariannya. Ada beberapa penamaan yang dianggap mempunyai kesamaan dengan metode Penjadualan Linier, misalnya *Vertical Production Methode (VPM)*, yang sering juga digunakan pada pembangunan gedung bertingkat banyak (*High-rise building*). Metode VPM dapat dicermati pada gambar 2. 1. berikut ini.

lokasi



- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1 = Pembukaan Tanah | 6 = Pembersihan pelapisan |
| 2 = Penggalian | 7 = Pemasangan pipa |
| 3 = Perangkaian | 8 = Penimb. Tanah |
| 4 = Pembengkokan | 9 = Pembersihan |
| 5 = Pekerjaan Las | 10 = Pengujian |

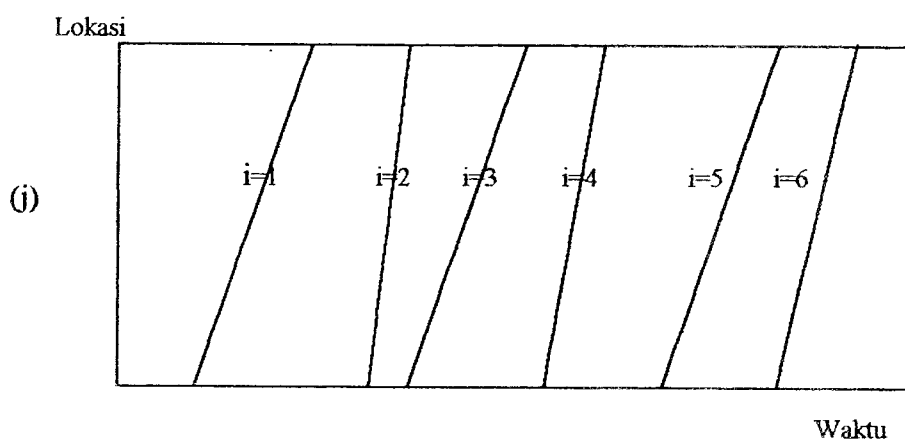
Gambar 2. 1. Diagram Vertical Production Methode (VPM)

Metode Penjadualan Linier juga dianggap mempunyai hubungan kesamaan dengan metode *Line Of Balance*, yang sering digunakan pada industri manufaktur dan pengendalian produksi guna mengevaluasi laju aliran produksi barang jadi. Sedangkan *Line Of Balance* sendiri mempunyai kemiripan dengan *Network Activities* pada diagram produksinya dan *Bar-Chart* pada diagram kemajuan (proses produksi)

keterkaitan dan keterikatan antar ketiga unsur tersebut, sehingga suatu kegiatan dapat dilihat kapan harus dilaksanakan dan dimana lokasi dari kegiatan tersebut.

2.2. Unsur-Unsur Dasar Metode Penjadualan Linier.

Diagram metode Penjadualan Linier adalah diagram yang memperbandingkan antar waktu dan lokasi. Perubahan dalam lokasi per satuan waktu merupakan suatu ukuran kemajuan atau kemunduran kegiatan (David W. Johnston, 1981)[2, p. 249]. Untuk mengetahui unsur-unsur dasar pembentuk Metode Penjadualan Linier secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut ini.

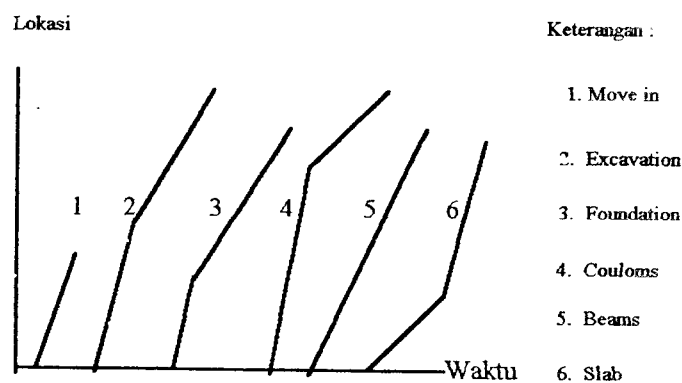


Gambar 2.3. Diagram Metode Penjadualan Linier

Garis miring menunjukkan aktivitas (i), sedangkan sudut kemiringan memperlihatkan tingkat produksi terhadap waktu (r_i). Secara umum dapat dirumuskan sebagai r_{ij} , berarti produktivitas i pada lokasi j .

Kemajuan yang dicapai dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.4.

Metode Penjadualan Linier yang dikemukakan sebagai upaya untuk mencari alternatif dari metode Bar-Chart khususnya pada proyek pembangunan jembatan, dalam implementasinya diprediksi cocok, mengingat metode Penjadualan Linier mempunyai karakteristik yang cocok dengan pekerjaan jembatan yang menerus dan berulang. Pada gambar 2. 2. menunjukkan contoh penggunaan diagram dengan Metode Penjadualan Linier.



Gambar 2. 2. Contoh Diagram Penjadualan Linier pada Proyek Jembatan

Pada diagram tersebut tampak bahwa sumbu horisontal menunjukkan waktu dan sumbu vertikal menunjukkan lokasi. Sedangkan satuan waktu biasanya digunakan jam, hari, minggu atau bulan, tergantung dari level jadual kerja yang diinginkan.

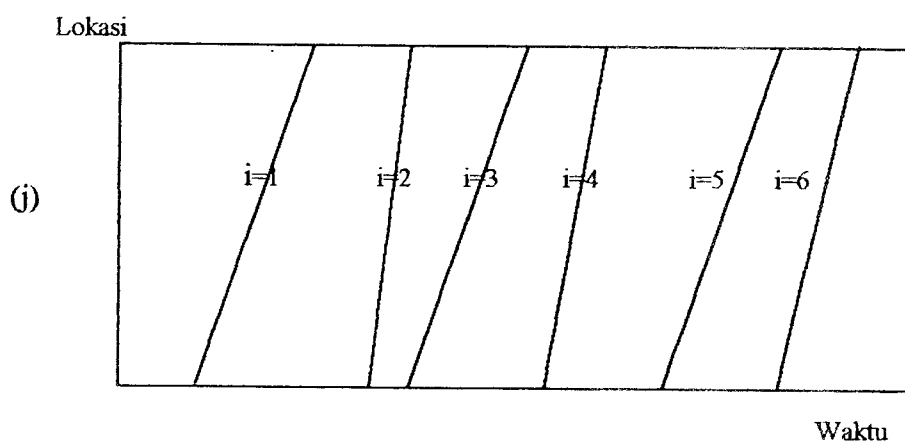
Garis miring (diagonal) menunjukkan aktivitas atau kegiatan, sedangkan sudut kemiringannya memperlihatkan hubungan tingkat produksi terhadap waktu. Penyelesaian waktu untuk tiap-tiap pekerjaan merupakan fungsi dari rata-rata kemajuan dan kuantitas kerja yang diselesaikan.

Oleh karena itu dalam Metode Penjadualan Linier dapat diketahui secara jelas hubungan antara kegiatan, waktu dan lokasi. Selanjutnya akan terlihat secara jelas

keterkaitan dan keterikatan antar ketiga unsur tersebut, sehingga suatu kegiatan dapat dilihat kapan harus dilaksanakan dan dimana lokasi dari kegiatan tersebut.

2.2. Unsur-Unsur Dasar Metode Penjadualan Linier.

Diagram metode Penjadualan Linier adalah diagram yang memperbandingkan antar waktu dan lokasi. Perubahan dalam lokasi per satuan waktu merupakan suatu ukuran kemajuan atau kemunduran kegiatan (David W. Johnston, 1981)[2, p. 249]. Untuk mengetahui unsur-unsur dasar pembentuk Metode Penjadualan Linier secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut ini.

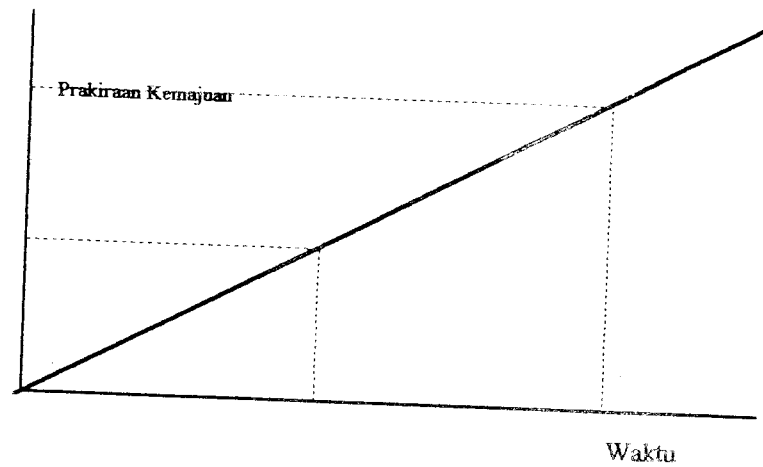


Gambar 2.3. Diagram Metode Penjadualan Linier

Garis miring menunjukkan aktivitas (i), sedangkan sudut kemiringan memperlihatkan tingkat produksi terhadap waktu (r_i). Secara umum dapat dirumuskan sebagai r_{ij} , berarti produktivitas i pada lokasi j .

Kemajuan yang dicapai dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.4.

Lokasi

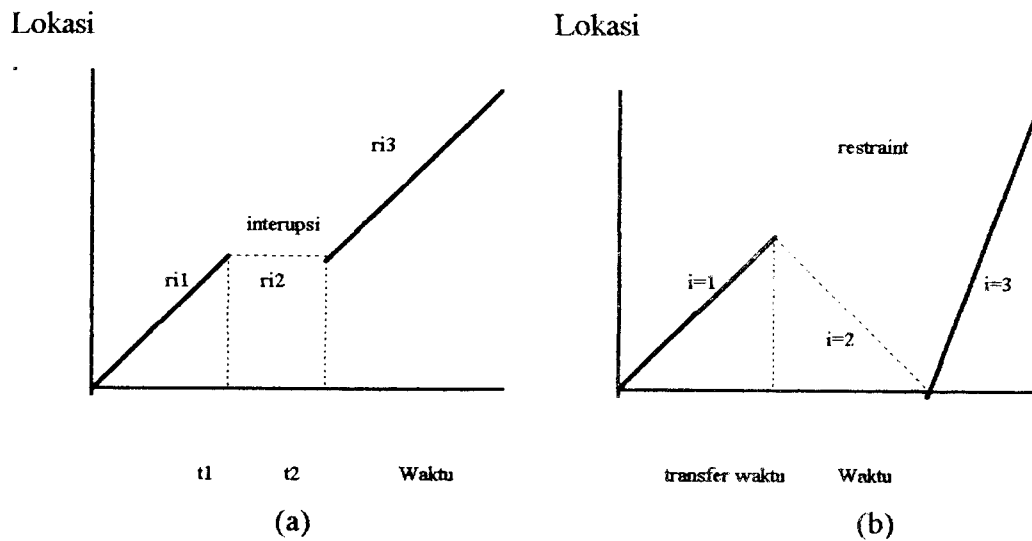


Gambar 2.4 Penggambaran Garis Kemajuan Kegiatan

2.2.1. Interupsi dan Restraint

Interupsi terjadi bila $r_{ij} = 0$, artinya ada kegiatan tetapi tingkat produktivitas nol, misalnya saat perbaikan alat. Ketika perbaikan alat dilakukan, diperlukan waktu untuk memperbaiki, tetapi secara keseluruhan tingkat produktivitas kegiatan (proyek) adalah nol. Pada Gambar 2.5a, menunjukkan diagram sewaktu interupsi terjadi.

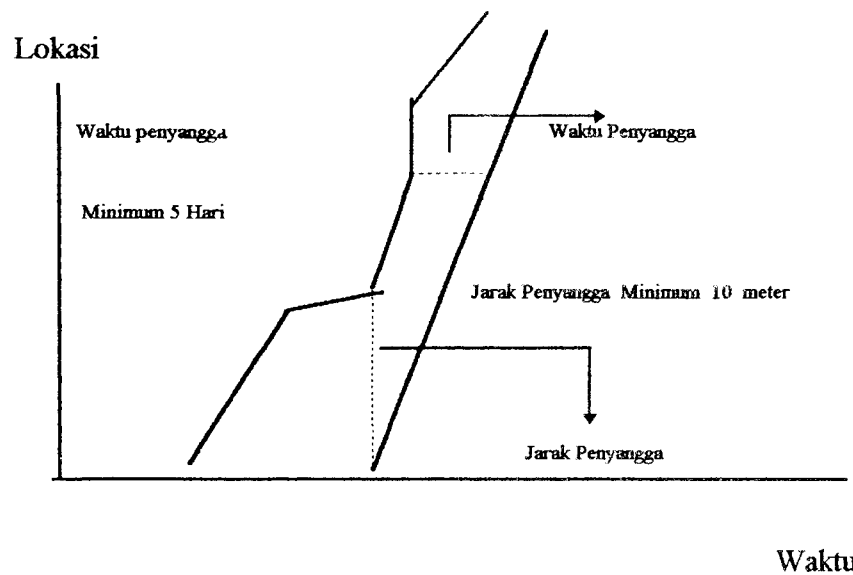
Restraint adalah suatu aktivitas yang tergantung pada keterbatasan sumber daya dan hanya bisa dimulai apabila aktivitas sebelumnya telah selesai. Pada restraint kadang-kadang perlu interupsi guna mobilisasi peralatan. Dari Gambar 2.5b terlihat bahwa aktivitas 3 tergantung dari selesainya aktivitas 1 dan terjadi interupsi.



Gambar 2.5. (a) Diagram Terjadinya Interupsi
(b) Diagram Terjadinya Restraint

2.2.2. Buffer (Penyangga).

Kegiatan dalam suatu proyek biasanya dilaksanakan secara berkesinambungan menjadi suatu rangkaian penyelesaian. Adakalanya suatu kegiatan dapat dilakukan secara menerus tanpa perlu berhenti/menunggu dalam meneruskan pekerjaan berikutnya. Akan tetapi sebaliknya, antar pelaksanaan kegiatan terkadang dibutuhkan waktu tertentu, seperti perawatan peralatan atau keterbatasan material. Pada kondisi seperti ini diperlukan *Buffer (Penyangga)* sebagai waktu selang (*spacing*) yang dibutuhkan antar kegiatan tersebut, untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 2.6. [5, p.205].



Gambar 2.6. Diagram Kegiatan Menerus Diantara Kegiatan i dan $i+j$

Pada proyek jembatan, pekerjaan mobilisasi, galian tanah, pondasi, urugan tanah dan lain-lain merupakan kegiatan yang menerus dan berurutan. Demikian juga antar kegiatan tersebut memerlukan jarak waktu (selang) ataupun lokasi antar kegiatan. Misalnya, pekerjaan galian tanah pada suatu lokasi tertentu akan diikuti oleh kegiatan pondasi di atasnya. Kegiatan pondasi baru dapat dilakukan bila kegiatan pekerjaan galian selesai begitu pula dengan lokasi untuk memulainya.

Penyangga juga digunakan untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang kritis. Suatu kegiatan kritis dalam Metode Penjadualan Linier mempunyai penyangga minimal baik pada awal maupun akhir kegiatan.

2.2.3. Sumber Daya.

Sumber daya yang dimaksudkan di sini meliputi tenaga kerja, material dan peralatan yang digunakan untuk memproduksi suatu pekerjaan, sehingga diperoleh hasil tertentu sesuai dengan yang direncanakan. Pengelolaan sumber daya tergantung dari metode yang digunakan dan jenis pekerjaan.

Pada metode Penjadualan Linier, sumber daya yang dikelola merupakan variabel input. Lebih lanjut dapat diuraikan bahwa dengan masukan beberapa harga sumber daya pada fungsi tingkat produktifitas, maka akan diperoleh berbagai waktu penyelesaian tiap kegiatan.

2.2.4. Perencanaan Waktu.

Aktivitas (i) dilaksanakan dari lokasi (j) menuju $j + 1$ secara berkesinambungan, sedangkan waktu yang diperlukan adalah $W(i,j)$ yang merupakan fungsi dari sumber daya.

Dalam perencanaan penjadualan waktu dapat menggunakan satuan jam, hari, minggu ataupun bulan. Hal ini tergantung kesesuaiannya dengan satuan waktu yang digunakan pada pelaksanaan proyek dan tingkat kerincian jadual kerja yang diinginkan. Akan tetapi sampai saat ini, hari merupakan satuan waktu yang paling umum digunakan untuk penjadualan pelaksanaan proyek.

Penjadualan waktu pada metode Penjadualan Linier dapat juga berdasarkan hari kalender, yang dapat diartikan bahwa pada hari libur dan akhir minggu tidak ada kegiatan. Oleh karena itu apabila penjadualan dengan menggunakan hari kalender

dilakukan, maka diperlukan perhatian tersendiri. Hal ini mengingat bahwa apabila terjadi cuaca buruk ataupun banyak hari libur maka pekerjaan akan terjadi keterlambatan. Sebaliknya apabila ternyata cuaca baik sedangkan hari libur (selain hari minggu) jarang maka kegiatan berdampak lebih cepat, yang pada akhirnya diperlukan pergeseran hari kerja baik ke depan maupun ke belakang dalam jadwal berdasarkan hari kalender tersebut. Dalam beberapa kasus, analisis jadwal kerja berdasarkan hari kalender dalam jangka pendek akan lebih menguntungkan bagi proyek jika waktu penyangga yang tersedia cukup besar.

2. 2. 5. Kemajuan Proyek.

Kemajuan suatu proyek merupakan hasil yang diperoleh dalam melaksanakan pekerjaan dari proyek tersebut pada suatu saat. Membuat kemajuan pekerjaan secara periodik bertujuan untuk mengetahui apakah pelaksanaan pekerjaan masih sesuai dengan jadwal yang dipakai sebagai pedoman, sehingga jika terjadi penyimpangan bisa dilakukan penyesuaian yang diperlukan.

Penentuan tingkat kemajuan proyek pada suatu waktu merupakan persyaratan yang biasanya ditentukan dalam dokumen kontrak, berbentuk kurva-S, dengan sumbu vertikal menggambarkan bobot kumulatif biaya pekerjaan terhadap biaya keseluruhan dan pada sumbu horisontal menunjukkan waktu pekerjaan/proyek. Pembuatan laporan kemajuan dengan menggunakan Metode Penjadualan Linier ini dilakukan dengan memplotkan pelaksanaan suatu kegiatan yang telah diselesaikan dari suatu lokasi ke lokasi selanjutnya terhadap waktu. Selanjutnya prosentase bobot pekerjaan pada

masing-masing lokasi terhadap biaya kegiatan tersebut dihitung dan langsung dituliskan besarnya pada gambar. Dengan cara yang sama perhitungan dilakukan pada kegiatan lainnya dan bobot pekerjaan yang telah diselesaikan pada masing-masing pekerjaan dijumlahkan secara kumulatif persatuan waktu (hari, minggu dan bulan). Kemudian ditotalkan secara keseluruhan dan diplotkan dalam diagram.

Jadi pada tanggal tertentu selama berlangsungnya proyek, hari-hari kerja atau hari-hari kalender dapat ditandai dengan simbol bergerak atau dengan sebuah garis, pita, yang diberi strip vertikal di sepanjang diagram.

Selama proyek masih mengikuti jadwal yang layak serta sepanjang waktu yang telah terbuang dapat dikejar kembali, maka tidak perlu menggambar lagi diagram jadwal tersebut. Namun demikian, bila waktu yang terbuang tersebut dianggap tidak dapat dikejar kembali, maka perlu dibuat diagram baru. Mengingat diagram Penjadualan Linier ini cukup sederhana, maka proses penjadualan ulang yang dilakukan tidak menyita waktu yang berlebihan. Bahkan bila telah tersedia format berkala, hal ini merupakan efisiensi yang layak dilakukan.

2. 4. Prosedur Penjadualan.

Perencanaan penjadualan proyek pada dasarnya merupakan simulasi proyek. Demikian pula terhadap perencanaan Penjadualan Linier, hanya saja pada penentuan waktu penyelesaian tiap kegiatan dinyatakan dalam fungsi sumber daya.

Tahap penjadualan yang dimaksudkan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut (Supriyatna, 1996)[6, p. 26] :

1. Proyek dibagi menjadi beberapa kelompok bagian proyek, yang selanjutnya disebut level-1. Kemudian dari masing-masing bagian proyek dibagi lagi menjadi level-2, yaitu dibagi dalam kelompok kegiatan yang lebih kecil, dan seterusnya sampai dengan level ke n, tergantung dari informasi yang dibutuhkan.
2. Menentukan logika ketergantungan antar masing-masing kegiatan.
3. Menentukan volume atau kuantitas dari masing-masing item pekerjaan sehingga dapat ditentukan metode yang paling sesuai untuk kondisi kegiatan atau proyek tersebut.
4. Menyeimbangkan lintasan kegiatan, yang dipertimbangkan waktu yang paling tepat untuk memulai setiap kegiatan pada lokasi tertentu.

2. 5. Penyajian Model Matematik

Penyajian model secara matematik merupakan alat manajemen yang bersifat kuantitatif. Penyajian model matematik dapat diartikan sebagai metode dalam mereduksi asumsi-asumsi ke dalam bentuk matematis secara sederhana, sehingga persoalan-persoalan tersebut dapat diterjemahkan dan dirumuskan serta diperhitungkan secara kuantitatif (Henry Wardana, 1994)[6, p. 19].

Pemakaian Metode Linier dalam studi ini, penyajian model matematik untuk mencari optimasi dari masukan - keluaran dan pemodelan matematiknya adalah merujuk dari pemodelan matematik yang dikembangkan Shlome Silinger (1980).[6, p. 197-202].

Pada metode Penjadwalan Linier diketahui bahwa sumbu vertikal menunjukkan Lokasi (j) dan sumbu horisontal menunjukkan Waktu (t). Sedangkan kegiatan

(pekerjaan) diberi notasi i , sehingga banyaknya kegiatan yang ada adalah $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ sesuai dengan urutan kegiatan. Demikian pula terhadap lokasi j bahwa posisi lokasi ditunjukkan oleh $j = 1, 2, 3, 4, \dots, m$.

Secara singkat dapat ditulis :

$$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$j = 1, 2, 3, 4, \dots, m \quad \dots\dots\dots(2)$$

Misalkan, $(i, 1)$, $(i, 2)$, $(i, 3)$, $(i, 4), \dots, (i, n)$, hal ini berarti menunjukkan bahwa kegiatan i pada lokasi 1, kegiatan i pada lokasi 2, ..., dan seterusnya.

Pada dasarnya produktifitas pada sumber daya adalah merupakan banyaknya volume pekerjaan yang dihasilkan pada suatu kegiatan dibagi satuan waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian pekerjaan tersebut. Dari pengertian tersebut di atas dapat dijabarkan bahwa kebutuhan jam kerja atau hari kerja per satuan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan pada tiap-tiap lokasi $W(i, j)$ dapat dijabarkan sebagai :

$$W(i, j) = \frac{V(i, j)}{P(i, j)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$W(i, j)$ = Waktu penyelesaian kegiatan I pada lokasi j

$V(i, j)$ = Volume yang dihasilkan

$P(i, j)$ = Produktifitas sumber daya.

Sumber daya yang dimaksud adalah tenaga manusia dan manusia dengan mesin (alat), masing-masing dalam komposisi yang bervariasi.

Bila r_i adalah besarnya sumber daya yang ditempatkan pada suatu kegiatan, maka waktu penyelesaian kegiatan (i, j) adalah :

$$d_{(i,j)} = k_i u_i \frac{W_{(i,j)}}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$d_{(i,j)}$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j

k_i = Faktor konversi dari jam kerja menjadi hari kerja

u_i = Faktor konversi penggunaan sumber daya tertentu ke sumber daya lainnya

i = 1,2,3,4,...,n.

j = 1,2,3,4,...,m.

n = $n^{(1)}$; $n^{(2)}$; ...; $n^{(a)}$; ...; $n^{(q)}$

(q adalah alternatif jumlah sumber daya maksimum yang ditempatkan pada kegiatan i)

Pada persamaan (4), k_i adalah faktor konversi dari jam kerja menjadi hari, sehingga k_i merupakan konversi dari jumlah jam-hari per hari untuk kegiatan i. Sedangkan u_i adalah faktor konversi dari penggunaan sumber daya tertentu terhadap sumber daya lainnya, sehingga semua penggunaan sumber daya dikonversikan dalam tenaga kerja.

Apabila waktu mulai kegiatan (i,j) dinyatakan dalam $S_{(i,j)}$, sedangkan waktu selesai kegiatan (i,j) dinyatakan sebagai $f_{(i,j)}$, maka persamaan (4) dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

$$f_{(i,j)} = S_{(i,j)} + d_{(i,j)} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

$f_{(i,j)}$ = Waktu selesai untuk kegiatan i pada lokasi j

$S_{(i,j)}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi j

$d_{(i,j)}$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j

bahwa kegiatan dalam hal ini dilaksanakan secara menerus, sehingga hubungan antara waktu mulai dengan selasainya kegiatan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f_{(i,j)} = S_{(i,j-1)} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

$f_{(i,j)}$ = Waktu selesai untuk kegiatan i pada lokasi j.

$S_{(i,j-1)}$ = Waktu mulai untuk kegiatan i pada lokasi sebelum j (sebelumnya).

Sedangkan hubungan antar kegiatan dalam suatu lokasi adalah paling dini dimulainya suatu kegiatan i adalah setelah selesainya kegiatan sebelumnya $(i-1)$, sebagaimana ditunjukkan dalam rumusan di bawah ini.

$$S_{(i,j)} \geq f_{(i-1,j)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

$S_{(i,j)}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi j

$f_{(i-1,j)}$ = Waktu selesai untuk kegiatan yang mendahului kegiatan $i(i-1)$ pada lokasi j

Misalkan suatu proyek tersebut memulainya sama dengan waktu mulai kegiatan $(1,1)$ maka pada perhitungan dapat ditulis sebagai $S_{(1,1)} = 0$. Waktu tersebut dapat disesuaikan lagi dengan tanggal kalender dimulainya proyek yang sebenarnya (waktu aktual proyek).

Suatu vektor $S_i^{(a)}$ digambarkan sebagai berikut.

$$S_i^{(a)} = S_{(i,1)}^{(a)}, S_{(i,2)}^{(a)}, S_{(i,3)}^{(a)}, \dots, S_{(i,m)}^{(a)} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$S_i^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i menggunakan sumber daya a

$S_{(i,1)}^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i lokasi 1 dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,2)}^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i lokasi 2 dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,3)}^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i lokasi 3 dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,m)}^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i lokasi m dengan menggunakan sumber daya a

Elemen-elemen dari vektor tersebut memenuhi kendala $r_i = r_i^{(a)}$, yang berarti elemen $S_i^{(a)}$ merupakan waktu mulainya kegiatan-kegiatan pada lintasan i , dengan menggunakan sejumlah tenaga kerja $r_i^{(a)}$.

Sedangkan $S_i^{(a)*}$ yang elemen-elemennya merupakan waktu mulai paling dini diantara semua alternatif vektor $S_i^{(a)}$ yang menggunakan sumber daya $r_i = r_i^{(a)}$ yang dirumuskan sebagai berikut.

$$S_i^{(a)*} = S_{(i,1)}^{(a)*}, S_{(i,2)}^{(a)*}, \dots, S_{(i,m)}^{(a)*} \dots\dots\dots(9)$$

$$S_i^{(a)*} = S_i^{(a)} - L_i^{(a)} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

$S_i^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .

$S_{(i,1)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke 1 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .

$S_{(i,2)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke 2 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .

$S_{(i,m)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke m paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .

$L_i^{(a)}$ = Selisih waktu mulai kegiatan i untuk start paling cepat dengan sumber daya a .

Untuk $S_i^{(a)}$ dilaksanakan pada waktu yang paling dini = $S_i^{(a)*}$, maka $S_i^{(a)}$ digeser sejauh mungkin kekiri, yaitu sebesar.

$$L_i^{(a)} = \max (L_i^{(a/b*)}) \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

$b^* = 1,2,3,\dots, r_i$

$L_i^{(a)}$ = Selisih waktu mulai kegiatan i untuk start paling cepat dengan sumber daya a .

$L_i^{(a/b*)}$ = Selisih waktu kegiatan i dengan sumber daya a terhadap waktu mulai paling cepat dengan kegiatan i-1 dengan sumber daya b

$L_i^{(a/b*)}$ merupakan harga yang paling kecil dari selisih waktu mulai kegiatan i pada lokasi j dengan waktu mulai kegiatan sebelumnya i pada lokasi j + 1 serta alternatif jumlah tenaga kerja (sumber daya).

$$L_i^{(a/b*)} = \min (S_{(i,j)}^{(a)} - S_{(i-1,j+1)}^{(b)*}) \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

$j = 1, 2, 3, \dots, m$

$S_{(i,j)}^{(a)}$ = Waktu mulai kegiatan i lokasi j dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i-1,j+1)}^{(b)*}$ = Waktu mulai kegiatan yang mendahului i ($i-1$) pada lokasi sesudah j ($j+1$) paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

$$b(a)_{(i-1)} = b^* \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

$b(a)_{(i-1)}$ = Ketergantungan kegiatan i yang menggunakan sumber daya a terhadap sumber daya yang digunakan kegiatan $i - 1$ yakni b

b^* = Sumber daya b pada kegiatan $i - 1$ yang menentukan waktu mulai paling cepat kegiatan i

Waktu keseluruhan proyek adalah T diambil dari harga minimum $f_{(n,m)}^n$, dimana $f_{(n,m)}^n$ merupakan waktu selesainya kegiatan n , lokasi m . Setelah harga minimum diperoleh, maka dapat ditentukan waktu keseluruhan lokasi pada kegiatan tersebut yang menggunakan sumber daya tertentu serta dipengaruhi oleh alternatif sumber daya tertentu atau $b(a)_{(i-1)}$ pada kegiatan sebelumnya. Langkah tersebut diulangi sampai kegiatan awal sehingga didapatkan waktu optimal untuk penyelesaian proyek.

BAB III

PERENCANAAN PENJADUALAN

PROYEK JEMBATAN

3.1. Umum.

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua ruas jalan yang dipisahkan oleh suatu rintangan atau keadaan topografi yang terletak lebih rendah dari ruas jalan tersebut (rintangan dapat berupa sungai, lembah, atau jalan lain). Untuk mengatasi rintangan tersebut, cara yang paling sederhana adalah menghubungkan kedua ruas jalan tersebut dengan balok-balok kayu sederhana/jembatan sederhana, atau membuat jembatan jika bentangan besar dan melintasi ruas jalan lain yang letaknya lebih rendah.

Kemajuan teknologi konstruksi telah dapat mengatasi rintangan-rintangan tersebut dengan mempergunakan teknologi bahan yaitu bahan baja, beton, komposit.

3. 2. Jenis Jembatan

Konstruksi jembatan di Indonesia memegang peranan penting, mengingat letak geografisnya yang berbukit-bukit, serta banyaknya dataran rendah dan dataran tinggi.

Jenis jembatan dapat dibedakan menjadi :

1. Jembatan yang didasarkan pada bahannya
2. Jembatan yang didasarkan pada bentuknya

3. 2. 1. Jembatan yang Didasarkan pada Bahannya.

Pembagian jembatan berdasar bahannya adalah :

1. Jembatan kayu.
2. Jembatan batu/bata, biasanya berbentuk pelengkung yang terbuat dari bata/batu.
3. Jembatan beton, adalah jembatan dengan bahan utamanya campuran beton bertulang.

Jembatan beton terbagi atas :

- a. Jembatan beton konvensional, adalah jembatan yang terbuat dari beton yang dicetak pada saat konstruksi jembatan tersebut dibuat ("*concrete in site*").
- b. Jembatan beton pratekan, adalah jembatan yang terbuat dari beton pratekan sebagai gelagar utama jembatan
4. Jembatan baja, adalah jembatan dengan struktur utama terbuat dari baja.

5. Jembatan komposit, adalah jembatan dengan menggunakan bahan komposit sebagai bahan utama.

Jembatan komposit yang terdiri dari :

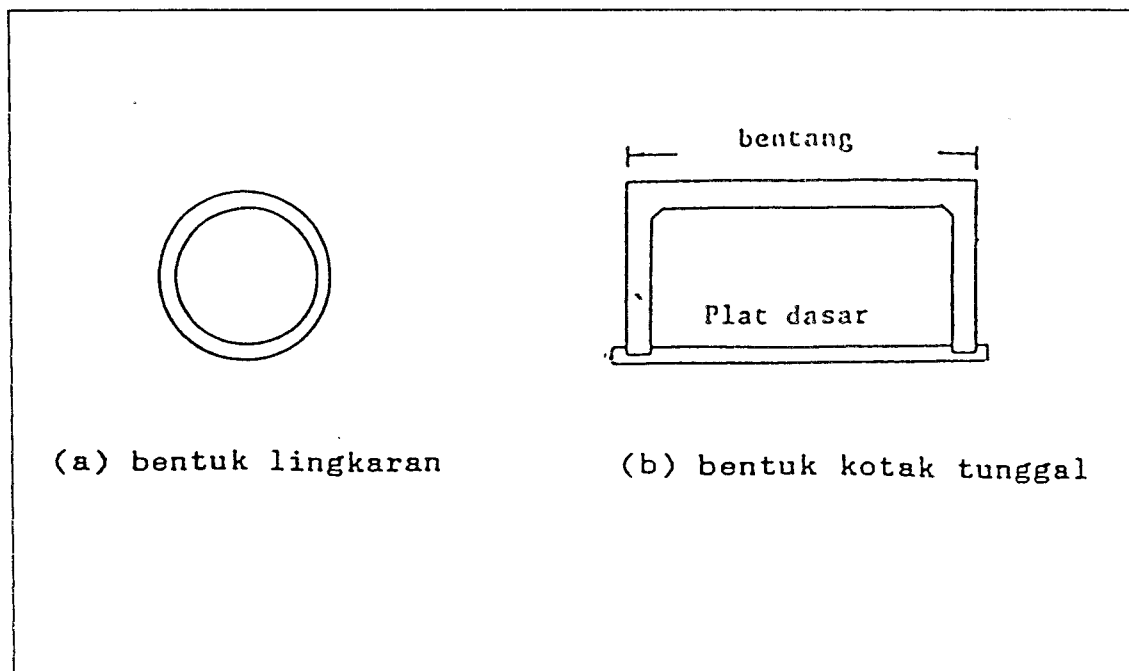
- a. Jembatan komposit baja-beton.
- b. Jembatan komposit baja-kayu.
- c. Jembatan komposit beton-kayu.

3. 2. 2. Jembatan yang Didasarkan pada Bentuknya.

1. Gorong-gorong.

Tipe ini digunakan untuk panjang bentang yang kecil dan tidak terlalu dalam.

Tipe ini dapat dibuat dari material beton, panjang maksimum 4 meter, sedangkan material dari baja dapat mencapai 6 meter.

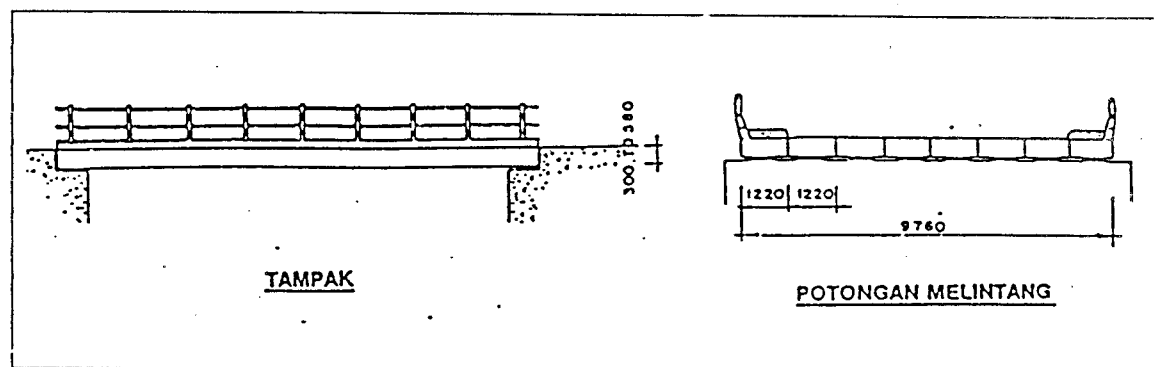


Gambar 3.1 Gorong-gorong

Gorong-gorong dari beton bertulang pracetak atau cor di tempat pada umumnya berbentuk kotak/persegi dan lingkaran, sedangkan gorong-gorong dari pelat baja berbentuk lingkaran, pipa, bulat, ellips, atau lengkung.

2. Pelat.

Tipe ini umumnya dibuat dari pelat beton bertulang dan bentang maksimum 6 meter. Jika bentang mencapai 10 meter dapat dipakai lantai beton bertulang pracetak bentuk U dengan menggunakan mutu beton $K \geq 300$ dan baja tulangan tinggi.



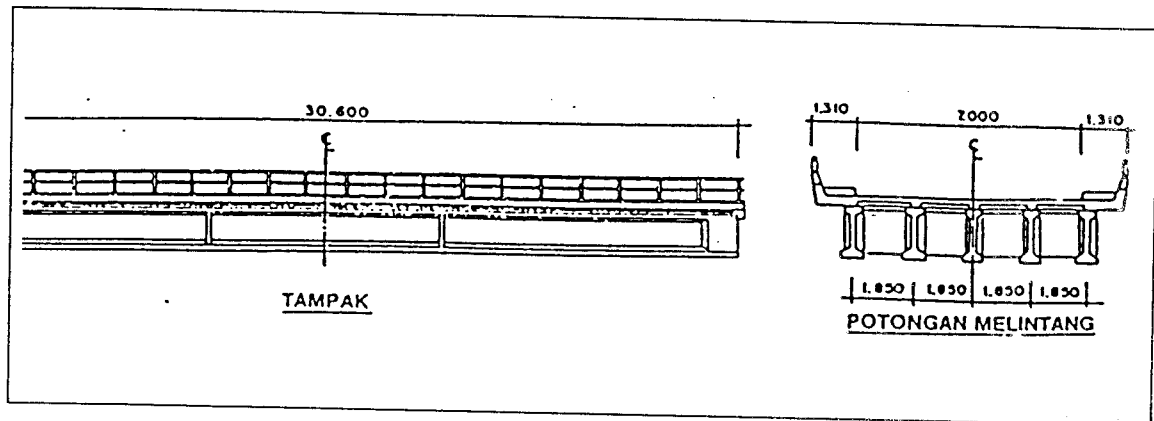
Gambar 3.2 Jembatan tipe Pelat

3. Gelagar.

Jembatan gelagar dapat dibuat dari beton bertulang, baja atau balok kayu. Gelagar dari beton bertulang umumnya berbentuk balok I atau T. Pada beton bertulang konvensional, panjang bentang yang efektif maksimum 25 meter. Jika bentang lebih besar sering digunakan beton pratekan.

Gelagar dari baja umumnya berbentuk balok baja rol dan balok pelat. Balok baja rol adalah balok yang dibuat pabrik secara panas, sedangkan balok pelat adalah balok dengan merangkai pelat secara las maupun baut/paku keling sehingga menjadi balok.

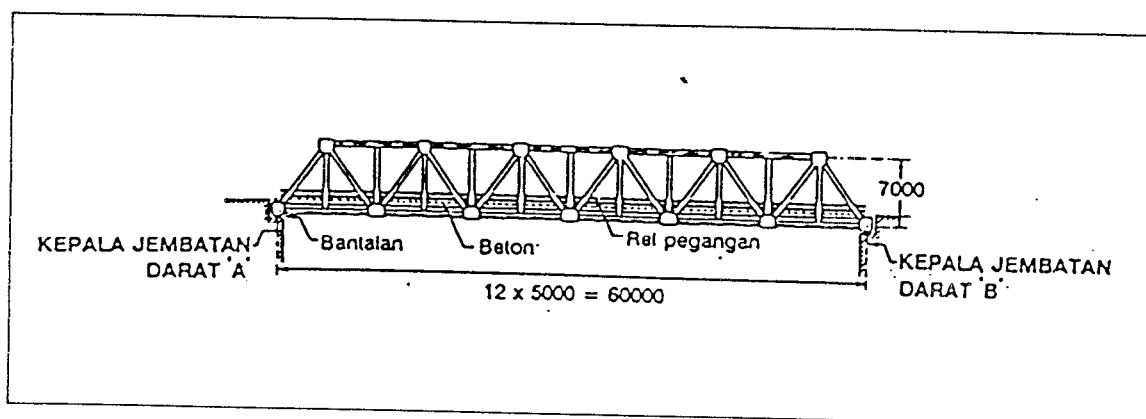
Balok rol yang diproduksi pabrik mempunyai dimensi yang terbatas sehingga penggunaan di lapangan juga terbatas. Jembatan dengan bentang sampai 40 meter dapat menggunakan tipe balok box.



Gambar 3.3 Jembatan Gelagar Baja

4. Rangka.

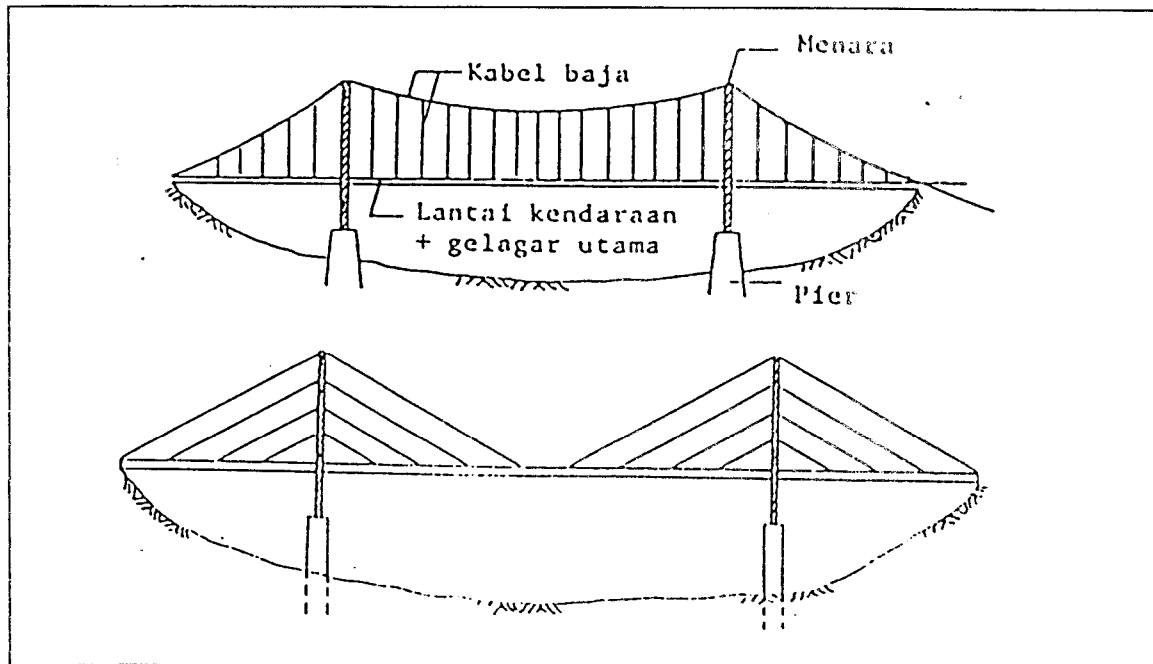
Tipe ini adalah dengan merangkai batang/profil sehingga menjadi rangka sebagai gelagar. Setiap pertemuan ujung profil atau titik simpul diperkuat dengan baut/ paku keling atau las. Jembatan rangka sangat efektif untuk bentang sampai 60 meter.



Gambar 3.4 Jembatan Rangka Baja

5. Jembatan gantung dan CableStayed Bridge.

Tipe ini sangat cocok untuk bentang yang besar. Kedua tipe ini umumnya terbuat dari baja.



Gambar 3.5 Jembatan Gantung dan Cable Stayed Bridge

3.3. Elemen-elemen Jembatan.

Elemen-elemen jembatan dapat ditetapkan sebagai bagian dari sistem bangunan jembatan.

3.3.1. Elemen Bangunan Bawah.

Elemen bangunan bawah jembatan terdiri dari :

1. Pondasi jembatan.

2. Kepala jembatan.
3. Pilar jembatan.
4. Kepala tiang.
5. Dinding penahan tanah.

3.3.2. Elemen Bangunan Atas.

Elemen bangunan atas terdiri dari :

1. Gelagar/ rangka jembatan.
2. Lantai jembatan
3. Sistem perletakan jembatan
4. Bangunan pelengkap dan pengaman jembatan.

3.4. Jenis Beban.

Beban-beban yang harus diperhitungkan pada proses pembuatan jembatan adalah

:

3.4.1. Beban Primer.

Beban Primer adalah beban utama yang harus diperhitungkan dalam perencanaan pembuatan jembatan. Beban primer terdiri dari :

- a. **Beban mati**, yaitu beban yang bekerja pada jembatan secara tetap/terus menerus sepanjang umur teknis jembatan.

Beban mati ini berasal dari berat sendiri komponen jembatan bagian atas, yang meliputi berat gelagar , lantai kendaraan, aspal, trotoar, dan tiang sandaran.

- b. **Beban hidup**, yaitu beban bergerak yang bekerja pada jembatan, meliputi beban kendaraan yang bergerak dan pejalan kaki.

Beban hidup ini dipakai untuk mendisain lantai kendaraan dan gelagar. Lantai kendaraan didisain berdasarkan beban T , yaitu beban roda sebesar 10 ton. Sedangkan perhitungan gelagar harus menggunakan beban D yang terdiri dari beban garis $P = 12$ ton dan beban terbagi rata q t/m'. Besar beban terbagi rata q t/m' tergantung pada panjang bentang, yaitu :

$$q = 2,2 \text{ t/m} \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 - 1,1/60 (L - 30) \text{ t/m} \quad \text{untuk } 30 < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 (1 + 30/L) \text{ t/m} \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

- c. **Beban Kejut**, yaitu beban yang ditimbulkan oleh pengaruh getaran kendaraan yang melewati jembatan tersebut, atau getaran dinamis lainnya. Untuk menghitung tegangan akibat beban kejut harus dikalikan dengan beban garis P .
- d. **Gaya akibat tekanan tanah** adalah gaya yang bekerja pada elemen jembatan bagian bawah, seperti pada kepala tiang, dinding penahan tanah, dan pondasi. Beban kendaraan di belakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai dengan muatan tanah setebal 60 cm.

3. 4. 2. Beban Sekunder.

Beban sekunder adalah beban sementara yang bekerja pada suatu konstruksi. Beban ini selalu diperhitungkan dalam perencanaan jembatan. Beban sekunder terdiri dari :

- a. **Beban Angin**, yaitu beban yang bekerja pada jembatan yang disebabkan oleh tiupan angin. Beban ini dihitung berdasar angin yang bekerja arah horisontal terhadap arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Pengaruh beban angin 150 kg/m^2
- b. **Gaya rem**, yaitu gaya yang bekerja arah memanjang jembatan yang ditimbulkan oleh kendaraan pada saat kendaraan direm. Gaya rem diperhitungkan senilai dengan 5 % dari beban D tanpa faktor kejut, dan mempunyai titik tangkap 1,8 m di atas lantai kendaraan.
- c. **Gaya akibat gempa bumi**, yaitu gaya yang bekerja pada jembatan atau kepala jembatan, atau pondasi secara horisontal pada saat terjadi gempa bumi. Gaya horisontal $K = EG$,
dimana, E = koefisien gempa (tergantung daerah)
 G = beban mati struktur yang ditinjau
- d. **Gaya akibat suhu**, yaitu gaya yang bekerja pada jembatan akibat perubahan suhu yang tidak sama terhadap komponen jembatan, baik menggunakan bahan yang sama, maupun yang tidak sama.
- e. **Gaya akibat rangkai/susut**, yaitu gaya yang bekerja pada jembatan akibat pengaruh rangkai atau susut dari bahan beton. Besarnya pengaruh tersebut dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15° , jika tidak ada ketentuan lain.

3. 4. 3. Beban Khusus.

Beban khusus adalah beban yang bekerja pada jembatan akibat gaya-gaya khusus, antara lain :

a. Gaya/tekanan aliran air dan tumpukan benda hanyut.

Gaya/tekanan ini akan bekerja pada pilar jembatan atau kepala jembatan. Tekanan aliran air = $A_h (t/m^2) = k V_a^2$, dimana :

k = koefisien aliran yang tergantung pada bentuk pilar,

V_a = kecepatan aliran air, m/det.

b. Gaya akibat beban pelaksanaan, yaitu gaya yang timbul selama pelaksanaan pembangunan jembatan, dan besarnya tergantung cara pelaksanaan yang digunakan.

c. Gaya Angkat, yaitu gaya yang bekerja pada dasar dari elemen bagian bawah jembatan (pondasi, kepala jembatan). Misalnya : tekanan air ke atas.

3. 4. 4. Beban Kombinasi.

Beban kombinasi adalah gabungan dari beban primer, sekunder, dan beban khusus.

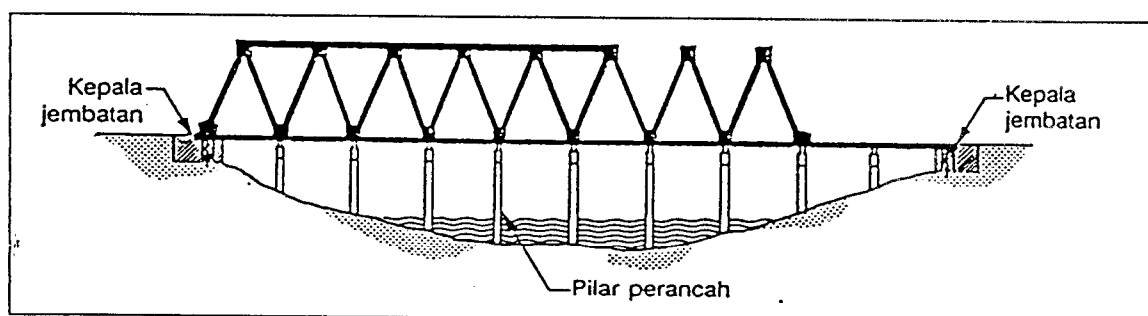
Beban kombinasi dalam setiap perencanaan tidak harus dipakai semua, tergantung pada lokasi dan kemungkinan terjadinya beban tersebut.

3. 5. Metoda Pelaksanaan.

Merode pemasangan bangunan atas jembatan sangat tergantung pada lokasi dimana jembatan tersebut akan dibangun. Beberapa metode tersebut antara lain :

3. 5. 1. Metode perancah.

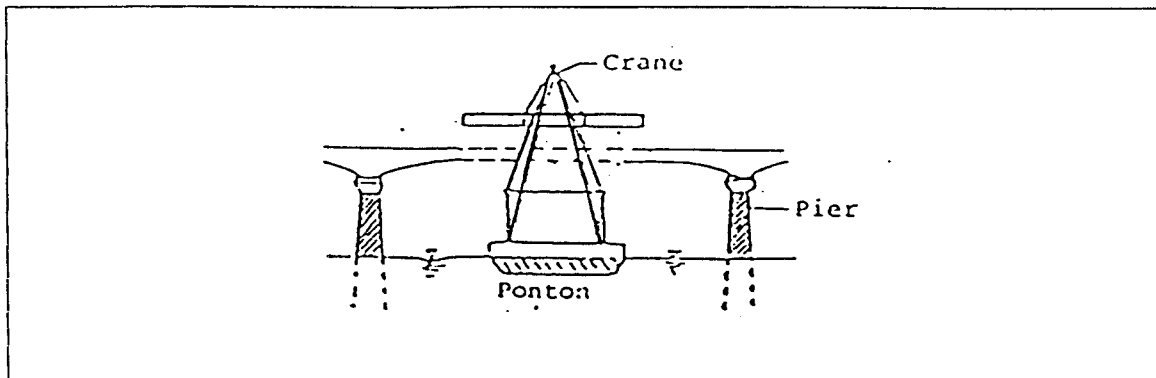
Pada metode ini tiap-tiap komponen jembatan dilaksanakan langsung di lokasi dimana jembatan akan dibangun. Metode ini dipakai jika lokasi memungkinkan untuk membuat perancah, misalnya arus sungai tidak terlalu deras atau tidak terlalu dalam. Jika melewati jalan raya, arus lalu lintas harus dapat dialihkan atau dipindahkan.



Gambar 3.6 Metode Pelaksanaan dengan Perancah

3. 5. 2. Metode Ponton.

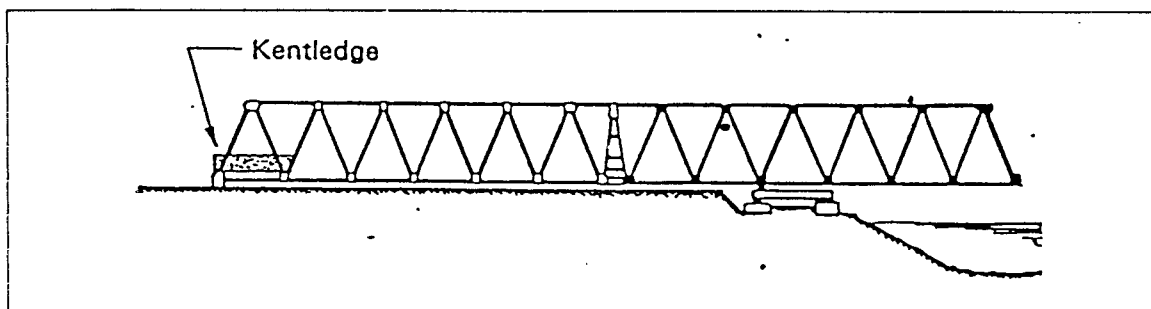
Metoda ini dapat dilakukan jika sungai cukup dalam dan arus sungai tidak terlalu deras. Prinsip hampir sama dengan metoda perancah, hanya menggunakan ponton sebagai perancah. Dalam hal ini yang harus diperhatikan adalah kestabilan dari ponton. Posisi ponton harus selalu tetap, tidak boleh berubah atau bergeser karena gerakan arus. Untuk itu perlu penjangkaran yang baik dan kuat untuk menjaga kestabilan ponton.



Gambar 3.7 Metode Pelaksanaan dengan Ponton

3. 5. 3. Metode Peluncuran.

Metoda ini digunakan bila metoda ponton atau perancah sulit dilaksanakan. Metode ini memerlukan lokasi yang luas untuk merakit rangka yang akan dipasang maupun rangka angker dan beban pemberat. Rangka angker dihubungkan dengan rangka utama oleh rangka penghubung ("link set").

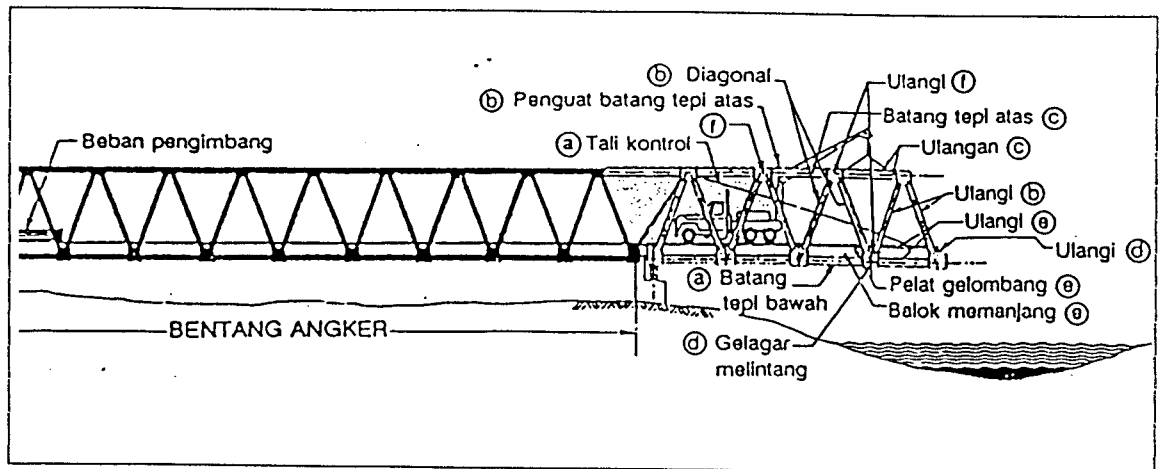


Gambar 3.8 Metode Pelaksanaan dengan Peluncuran

3. 5. 4. Metode Kantilever.

Metoda ini sangat efektif dilaksanakan untuk jembatan yang tidak mungkin/sulit dipasang perancah. Metoda ini dapat dilakukan dari satu sisi atau dilaksanakan dari dua sisi jembatan secara bersamaan, sehingga bagian tengah akan dipasang terakhir. Metoda satu arah jarang dilakukan, mengingat momen yang harus ditahan oleh rangka atau struktur di pangkal jembatan cukup besar. Pemasangan dilakukan bagian perbagian yang dimulai dari satu pangkal jembatan atau pilar ke arah pangkal jembatan atau pilar lain dengan memasang komponen bagian tersebut. Metode ini dapat dilakukan untuk jembatan rangka baja, balok box baja maupun balok box beton.

Pemasangan dengan sistem kantilever ini yang harus diperhatikan adalah gaya yang timbul pada batang saat pemasangan akan berlawanan dengan gaya yang diterima setelah pemasangan selesai. Pada saat pemasangan rangka, batang atas akan mengalami tarik dan batang bawah mengalami desak, sedangkan setelah selesai pemasangan batang atas menjadi batang desak dan batang bawah menjadi batang tarik. Demikian juga halnya dengan momen yang terjadi pada pangkal kepala jembatan beton harus diperhitungkan terhadap berat sendiri serta beban alat dan pekerja.



Gambar 3.9 Metode Pelaksanaan dengan Kantilever

3. 6. Data Proyek

Nama Proyek	: Pembangunan Jalan dan Jembatan D I Y
Nama Bagian Proyek	: Pembangunan Jalan Arteri Yogyakarta
Nama Paket	: Pembangunan Jalan Arteri Utara - Barat
Lokasi Proyek	: Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta
Ruas	: Jalan Wates / Pelem Gurih Arah Jalan Magelang
Kontraktor	: PT Bangun Makmur Utama
Konsultan Supervisi	: PT BIEC International, Inc
Nomor Kontrak	: KU.08.08/BM-W12.B2/172
Nilai Kontrak	: Rp. 3.182.095.593,16
Waktu Pelaksanaan	: 210 Hari Kalender
Panjang Jembatan	: 76 meter
Lebar jembatan	: 22 meter

BAB IV

ANALISA PENJADUALAN DENGAN METODE PENJADUALAN LINIER

4.1. Umum.

Program Linier merupakan salah satu teknik “*Operational Research*” yang belum banyak dipakai. Pada dasarnya, program linier merupakan suatu model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan pengalokasian sumber-sumber yang ada secara optimal. Program Linier berkaitan dengan penyelesaian masalah sebagai suatu model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan dan kendala. Akhir-akhir ini pemakaian dan aplikasi program linier telah meningkat sejalan dengan semakin maraknya dukungan komputer.

Pengertian dari Program Linier adalah : Sebuah metode untuk menentukan suatu putusan optimal, yaitu suatu putusan yang memiliki nilai paling menguntungkan untuk fungsi tujuan di antara beberapa kemungkinan putusan yang memenuhi kendala.

Dari definisi di atas dapat diambil suatu kesimpulan bahwa pengertian program linier mencakup perencanaan kegiatan-kegiatan untuk mencapai suatu hasil yang optimal, yaitu yang mencerminkan tercapainya sasaran-sasaran tertentu

yang paling baik diantara alternatif-alternatif yang layak (feasible) dengan menggunakan fungsi linier.

Dalam melaksanakan proyek pembangunan jembatan, ada tiga faktor yang menjadi ukuran keberhasilan proyek konstruksi tersebut, yaitu biaya, waktu dan mutu. Pengalaman selama ini menunjukkan bahwa pemborosan biaya dan waktu bukan hanya disebabkan oleh kesalahan pada saat pelaksanaan, tetapi lebih banyak disebabkan oleh ketidaktepatan dalam mengambil keputusan pada tahap perencanaan. Oleh karena itu merencanakan waktu pelaksanaan merupakan hal yang penting.

Perencanaan waktu pelaksanaan tersebut harus dipadukan dengan penyediaan sumber daya selama pelaksanaan. Semua faktor-faktor itu direncanakan secara cermat dan hasilnya ditulis dalam bentuk gambar, diagram atau petunjuk untuk dikomunikasikan kepada semua pihak yang terlibat dalam proyek sebagai pedoman pelaksanaan pengendalian.

4.2. Pembagian Lokasi Pekerjaan.

Sebelum melakukan perencanaan pembagian jumlah lokasi pekerjaan, terlebih dahulu kita buat kesepakatan-kesepakatan (asumsi) yang nantinya kita pakai sebagai pedoman. Asumsi-asumsi yang dimaksud pada perencanaan pembangunan jembatan dengan metode linier ini adalah :

1. Kegiatan kita laksanakan sesuai dengan urutan kegiatan yang logis di lapangan
(sesuai dengan data terlampir)

2. Kegiatan mobilisasi tidak termasuk dalam kegiatan yang direncanakan penjadualannya.
3. Pekerjaan perkerasan (AC dan ATB, pondasi A) tidak termasuk dalam pekerjaan yang direncanakan penjadualannya.
4. Pekerjaan harian tidak termasuk dalam kegiatan yang direncanakan penjadualannya.

Pembagian lokasi pekerjaan pada penjadualan linier ini berkaitan dengan ketelitian informasi mengenai volume pekerjaan, jumlah sumber daya yang dipakai dan pembagian jumlah lokasi pekerjaan itu sendiri. Pada kasus ini, lokasi dibagi menjadi 6 dan 12 lokasi.

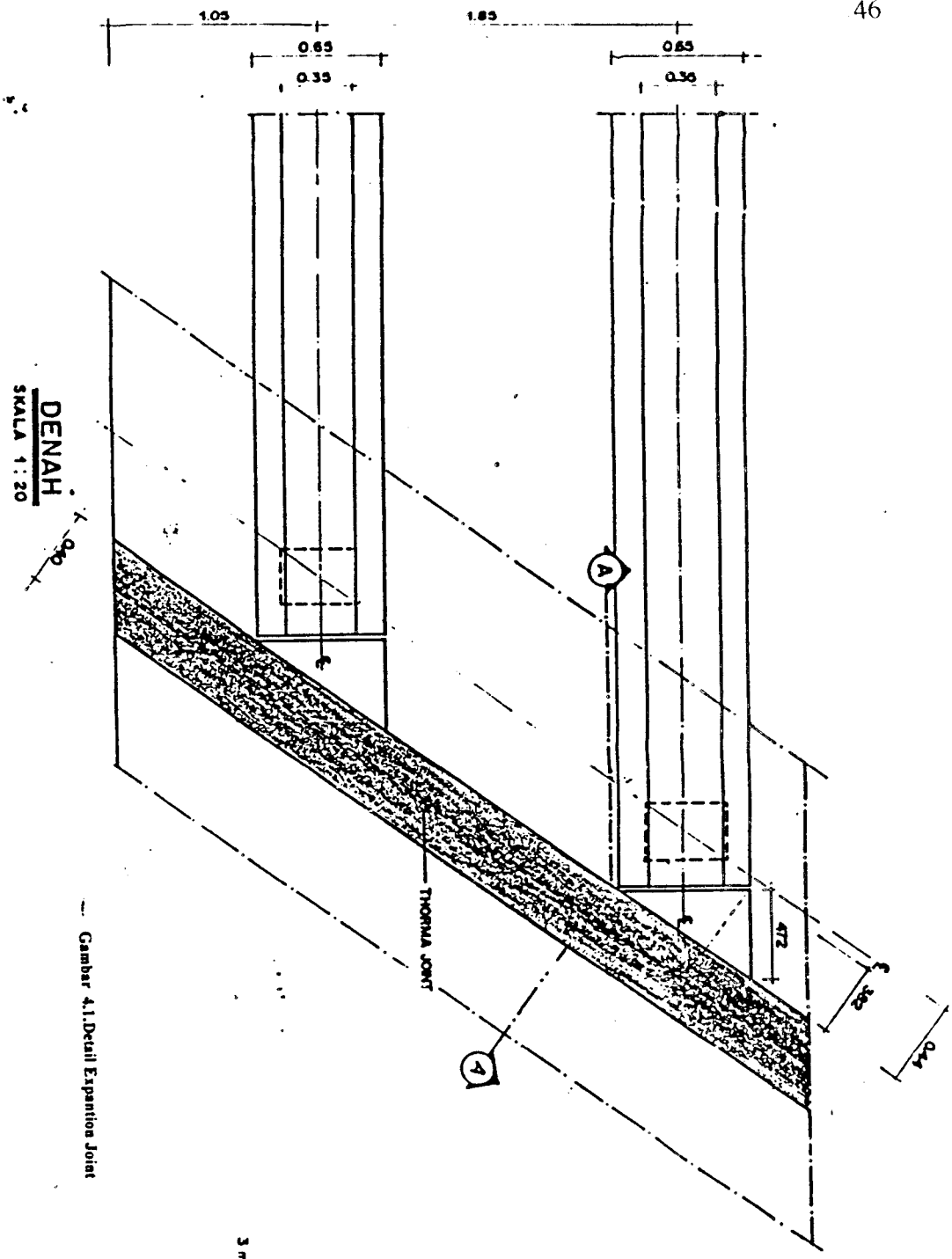
4.3. Pembagian Volume Pekerjaan.

Volume pekerjaan dihitung sesuai dengan jumlah lokasinya. Jumlah volume tetap, tetapi pembagiannya disesuaikan dengan jumlah lokasi pekerjaan. Pembagian lokasi pekerjaan dapat dilaksanakan secara acak, meskipun harus tetap bergantung pada keadaan logis di lapangan.

Sebagai contoh pembagian volume pekerjaan untuk pekerjaan Expansion Joint dengan pembagian 6 lokasi pada jembatan dengan bentang 76 meter adalah sebagai berikut:

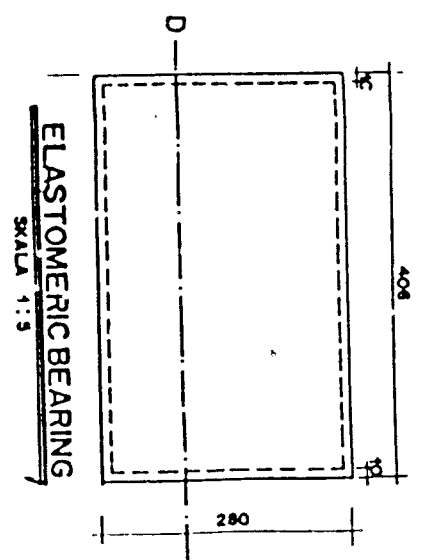
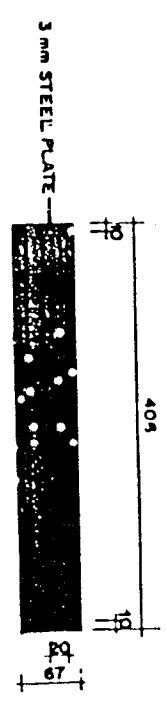
Pada pekerjaan Expansion joint volume pekerjaan pada lokasi 1 adalah 0 (nol) karena pada lokasi tersebut tidak ada pekerjaan Expansion joint. Pekerjaan Expansion joint hanya ada pada lokasi 2 sampai lokasi 5.





DENAH
SKALA 1:20

Gambar 4.1. Detail Expansion Joint



MBAGIAN

SAT
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
m3
Kg
Kg
bh
m3
m'
m'
m'

Gambar expansion joint dapat dilihat pada gambar 4.1. Sedangkan besar volume pekerjaan tersebut secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Perhitungan selengkapnya :

Panjang lokasi pekerjaan = $76/6$ meter = 12.6667 meter.

Volume pekerjaan Expansion Joint = 54.00 meter.

Tiap lokasi, volume pekerjaan Expansion Joint = 10.80 meter.

Volume Pekerjaan lokasi 1 = 0.00 meter.

Volume Pekerjaan lokasi 2 = $0.5 \times 10.80 = 5.40$ meter.

Volume Pekerjaan lokasi 3 = $10.80 \times 2.0 = 21.60$ meter.

Volume Pekerjaan lokasi 4 = $10.80 \times 2.0 = 21.60$ meter

Volume Pekerjaan lokasi 5 = $0.5 \times 10.80 = 5.40$ meter

Volume Pekerjaan lokasi 6 = 0.00 meter.

MBAGIAN

SA	V
m3	5
m3	1
m3	1
m3	3
m3	5
m3	8
m3	1
m3	1
m3	1
m3	2
m3	4
Kg	82
Kg	31
bh	1
m3	7
m'	2
m'	1
m'	1
m'	1

Dari hasil evaluasi gambar 4.1. didapatkan pembagian volume pekerjaan untuk pembagian pekerjaan 6 lokasi seperti terlihat pada tabel 4.1. Sedangkan pembagian pekerjaan 12 lokasi terlihat pada tabel 4.2.

Jam Ke

suatu pe

a sumber

TABEL 4.1 PEMBAGIAN VOLUME PEKERJAAN 6 LOKASI

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	LOKASI					
				1	2	3	4	5	6
I	PEKERJAAN TANAH								
2.1	Urugan Biasa	m ³	538		53.8	215.2	215	54	
2.2	Urugan Terpilih	m ³	189		18.6	75.6	75.6	19.2	
2.4	Galian Konstruksi 0- 2 m	m ³	100		14	41	33	10	
2.5	Galian Konstruksi 2 - 4 m	m ³	360		38	144	143	35	
2.6	Galian Konstruksi > 4 m	m ³	510		53	204	207	51	
II	PEKERJAAN STRUKTUR								
5.1	Beton K- 350 pada Elevasi	m ³	88		8.8	35.2	35.2	8.8	
5.2	Beton K- 225 pada Elevasi	m ³	50		6	20	21	6	
5.4	Beton K- 225 di Bawah Air	m ³	57		5.5	22.7	22.8	5.5	
5.5	Beton K- 225 pada Pondasi	m ³	162		16.1	64.9	64.8	16.1	
5.6	Beton K-175 pada Pondasi	m ³	33		3.31	13.2	14.2	3.31	
5.7	Beton Cyclop K-175 pada Pondasi	m ³	229		22.9	91.6	91.6	22.9	
5.8	Beton K-175	m ³	40		5	17	14	5	
5.10	Pembesian Tulangan Polos	Kg	8240		824	329	329	824	
5.11	Pembesian Tulangan Ulir	Kg	3196		3196	127	127	3196	
5.14	Beton Pracetak T. Pancang Terpasang	bh	15		1	5.5	6	2.5	
5.15	Pasangan Batu	m ³	774.5	128.8	166.5	110.7	110.7	143.7	113.7
5.16	Pipa Besi Galvanis Dia. 3"	m'	24		2.4	9.6	9.6	2.4	
5.17	Pipa Besi Galvanis Dia. 4"	m'	100		9	40	41	11	
5.18	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm	m'	54		5.4	21.6	21.6	5.4	
5.19	Expantion Joint	m'	54		5.4	21.6	21.6	5.4	

Keterangan : Hasil Olahan

TABEL 4.2. PEMBAGIAN VOLUME PEKERJAAN 12 LOKASI

No	URAIAN PEKERJAAN	SA	VOL	LOKASI											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	PEKERJAAN TANAH														
2.1	Urugan Biasa	m ³	538				53.	10	10	10	10	54			
2.2	Urugan Terpilih	m ³	189				18.	37.	38	37.	38.	19.			
2.4	Galian Konstruksi 0- 2 m	m ³	100				14	24	19	21	12	10			
2.5	Galian Konstruksi 2 - 4 m	m ³	360				38	70	74	73	70	35			
2.6	Galian Konstruksi > 4 m	m ³	510				53	10	10	10	98	51			
II	PEKERJAAN STRUKTUR														
5.1	Beton K- 350 pada Elevasi	m ³	88				8.8	17.	17.	17.	17.	8.8			
5.2	Beton K- 225 pada Elevasi	m ³	50				6	11	9	12	9	6			
5.4	Beton K- 225 di Bawah Air	m ³	57				5.5	9.4	13.	11.	11.	5.7			
5.5	Beton K- 225 pada Pondasi	m ³	162				16.	31.	33.	34.	30.	16.			
5.6	Beton K-175 pada Pondasi	m ³	33				3.3	6.4	6.8	6.6	7.6	4.3			
5.7	Beton Cyclop K-175 pd Pondasi	m ³	22				22.	44.	46.	47.	44	22.			
5.8	Beton K-175	m ³	40				5	9	8	6	8	4			
5.10	Pembesian Tulangan Polos	Kg	824				82	16	16	17	15	82			
5.11	Pembesian Tulangan Ulir	Kg	319				31	63	63	63	63	31			
5.14	Beton Pracetak T. Pancang terpasang	bh	15				1	2.5	3	3	3	2.5			
5.15	Pasangan Batu	m ³	775	52.	76.	68.	98.	54.	56.	53.	57.	76.	67.	72.	40.
5.16	Pipa Galvanis Dia 3"	m'	24				2.4	4.8	4.8	4.8	4.8	2.4			
5.17	Pipa Galvanis Dia 4"	m'	100				9	21	19	22	18	11			
5.18	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm	m'	54				5.4	10.	10.	10.	10.	5.4			
5.19	Expantion Joint	m'	54				5.4	10.	10.	10.	10.	5.4			

Keterangan : Hasil Olahan

4.4. Penentuan Kebutuhan Jam Kerja

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan selain membutuhkan metode yang tepat juga memerlukan adanya sumber daya yang memadai.

Ada beberapa cara untuk menentukan kebutuhan jam kerja yang dibutuhkan. Misalnya, semua pekerjaan dapat dimulai secepat mungkin dan sumber daya disesuaikan dengan keperluan itu. Tetapi pelaksanaan yang demikian ini dapat merupakan suatu pemborosan. Pendekatan yang lain adalah dengan cara membuat suatu batas sumber daya yang kita tetapkan sendiri, dengan harapan dapat menghasilkan optimasi yang kita inginkan.

Hasil perhitungan/penentuan kebutuhan jam kerja untuk jenis pekerjaan dikaitkan dengan pembagian lokasi tertera pada tabel 4.4 dan tabel 4.5., dimana hasil hitungan tersebut didasarkan pada produktifitas sumber daya seperti yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Produktivitas Sumber Daya

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	PRDUKTIFITAS PER-JAM	PRODUKTIFITAS PER-HARI	KETERANGAN SUMBER DAYA
I	PEKERJAAN TANAH					
2.1	Urugan Biasa	m ³	538	0.99	6.93	14 pekerja dan 1 gugus alat
2.2	Urugan Terpilih	m ³	189	0.99	6.93	14 pkerja dan 1 gugus alat
2.4	Galian Konstruksi 0- 2 m	m ³	100	0.60	4.2	14 pekerja dan 1 gugus alat
2.5	Galian Konstruksi 2 - 4 m	m ³	360	0.6	4.2	14 pekerja dan 1 gugus alat
2.6	Galian Konstruksi > 4 m	m ³	510	0.6	4.2	14 pekerja dan 1 gugus alat
II	PEKERJAAN STRUKTUR					
5.1	Beton K- 350 pada Elevasi	m ³	88	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.2	Beton K- 225 pada Elevasi	m ³	50	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.3	Beton K- 225 di Bawah Air	m ³	57	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.4	Beton K- 225 pada Pondasi	m ³	162	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.5	Beton K-175 pada Pondasi	m ³	33	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.6	Beton Cyclop K-175 pada Pondasi	m ³	229	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.7	Beton K-175	m ³	40	0.06	0.42	36 pekerja dan 1 gugus alat
5.9	Pembesian Tulangan Polos	Kg	8240	8.33	58.31	30 pekerja
5.10	Pembesian Tulangan Ulir	Kg	31960	8.33	58.31	30 pekerja
5.13	Beton Pracetak T.Pancang	bh	15	01	0.07	5 pekerja dan 1 gugus alat
5.14	Pasangan Batu	m ³	774.5	2	14	15 Pekerja
5.16	Pipa Besi Galvanis Dia. 3"	m'	24	0.5	3.5	3 pekerja
5.17	Pipa Besi Galvanis Dia. 4"	m'	100	0.5	3.5	3 pekerja
5.18	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm	m'	54	0.5	3.5	3 pekerja dan 1 gugus alat
5.19	Expansion Joint	m'	54	0.5	3.5	3 pekerja dan 1 gugus alat

Sumber : PT. Bangun Makmur Utama (Kontraktor)

Contoh perhitungan produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan beton pracetak pada tiang pancang terpasang dapat dilihat pada penjelasan berikut ini :

Peralatan yang dipakai :

1. Crane On Wheel untuk mengangkat dan menurunkan beton pada posisinya dengan kapasitas 40 ton..
2. Flat bed truck untuk mengangkat gelagar pracetak dengan kapasitas 10-15 ton.
3. Compactor untuk pembersihan dan membantu pelaksanaan grouting.
4. Alat stressing dan grouting.

Perhitungan produktivitas alat :

1. Crane On Wheel : $1.00/7.00 = 0.14$ bh/jam
2. Flat bed Truck : $1.00/16.0 = 0.06$ bh/jam
3. Alat sressing : $1.00/40.0 = 0.03$ bh/jam

Perhitungan tenaga kerja :

1. Mandor : $1.00/1000 = 0.001$ bh/jam
2. Pekerja : $1.00/1000 = 0.001$ bh/jam

Tabel 4.4. Kebutuhan Jam Kerja 6 Lokasi

No	URAIAN PEKERJAAN	Lokasi						Jumlah Sumber Daya				
		1	2	3	4	5	6	r(1)	r(2)	r(3)	r(4)	
I	PEKERJAANTANAH											
2.1	Urugan Biasa		55	218	218	55		15*	20			
2.2	Urugan Terpilih		19	76	77	20		15*	10	8	6	
2.4	Galian Konstruksi 0- 2 m		24	72	55	17		15*	18	20		
2.5	Galian Konstruksi 2 - 4 m		64	240	239	59		15*	13	10		
2.6	Galian Konstruksi > 4 m		84	340	337	85		15*	18	20	22	
II	PEKERJAAN STRUKTUR											
5.1	Beton K- 350 pada Elevasi		147	587	587	147		37*	34	30	25	
5.2	Beton K- 225 pada Elevasi		100	334	350	100		37*	40	44		
5.4	Beton K- 225 di Bawah Air		92	364	382	95		37*	35	30	25	
5.5	Beton K- 225 pada Pondasi		269	1082	1080	270		37*	41	44		
5.6	Beton K-175 pada Pondasi		56	220	237	72		37*	34	30	25	
5.7	Beton Cyclop K-175 pada Pondasi		382	1526.6	1527	382		37*	40	44	46	
5.8	Beton K-175		84	259	234	67		37*	34	30		
5.10	Pembesian Tulangan Polos		99	396	396	99		30	32	34	36	
5.11	Pembesian Tulangan Ulir		384	1535	1535	384		30	35	40	44	
5.14	Beton Pracetak T.Pancang Terpasang		1000	5250	6000	2250		6	30	37	45	
5.15	Pasangan Batu	65	84	56	56	72	57	4	6	8		
5.16	Pipa Besi Galvanis Dia. 3"		5	20	20	5		3	1			
5.17	Pipa Besi Galvanis Dia. 4"		18	80	30	22		3	4	5		
5.18	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm		11	44	44	11		4	2			
5.19	Expantica Joint		11	44	44	11		4	2			

Tabel 4.5. Kebutuhan Jam Kerja 12 Lokasi

No	URAIAN PEKERJAAN	Kebutuhan Jam Kerja												Jumlah SD				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	r(1)	r(2)	r(3)	r(4)	
I	PEKERJAAN TANAH																	
2.1	Urugan Biasa				55	109	110.0	108	111	55				15	20			
2.2	Urugan Terpilih				19	38	39	38	39	20				15	10	8	6	
2.4	Galian Konstruksi 0- 2 m				24	40	32	35	20	17				15	18	20		
2.5	Galian Konstruksi 2 - 4 m				64	167	124	122	117	59				15	13	10		
2.6	Galian Konstruksi > 4 m				84	169	172	174	164	85				15	18	20	22	
ii	PEKERJAAN STRUKTUR																	
5.1	Beton K- 350 pada Elevasi				147	294	294	294	294	147				37	34	30	25	
5.2	Beton K- 225 pada Elevasi				100	184	150	200	150	100				37	40	44		
5.3	Beton K- 225 di Bawah Air				92	157	207	192	190	95				37	34	30	25	
5.4	Beton K- 225 pada Pondasi				269	524	559	574	507	270				37	40	44		
5.5	Beton K-175 pada Pondasi				56	107	114	110	127	72				37	34	30	25	
5.6	Beton Cyclop K-175 pada Pondasi				382	745	782	794	734	382				37	40	44	46	
5.7	Beton K-175				84	150	134	100	134	67				37	34	30		
5.9	Pembesian Tulangan Polos				99	199	198	210	187	99				30	32	34	36	
5.10	Pembesian Tulangan Ulir				384	768	768	768	768	384				30	35	40	44	
5.13	BetonPracetakT.Pancang				1000	2250	3000	3000	3000	2250				6	30	37	45	
5.14	Pasangan Batu	27	39	35	50	28	29	27	29	39	34	37	21	4	6	8		
5.15	Pipa Galvanis Dia 3"				5	10	10	10	10	5				3	1			
5.16	Pipa Galvanis Dia 4"				18	42	38	44	36	22				3	4	5		
5.17	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm				11	22	22	22	22	11				4	2			
5.18	Expantion Joint				11	220	22	22	22	11				4	2			

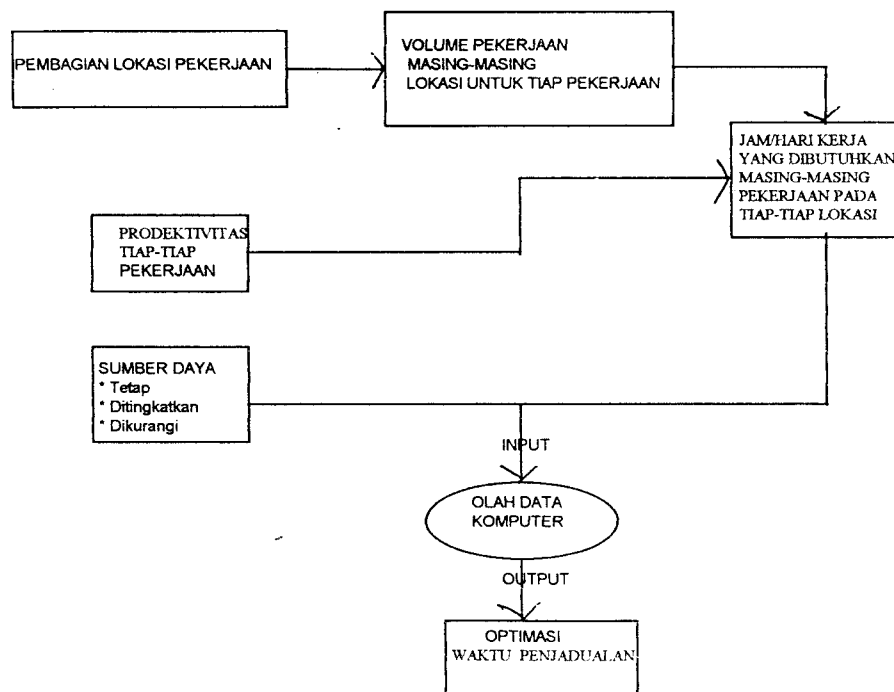
Keterangan : Tabel 4.5 dan 4.6 Hasil Olahan

VOLUME
MASING
LOKASIC
K

WAK

4.5. Hasil Perhitungan Dengan Program Komputer

Hasil perhitungan optimasi penjadualan dengan program komputer dapat dicermati pada tabel-tabel di bawah ini. Tabel 4.6 adalah tabel perhitungan optimasi untuk pembagian 6 lokasi, dan Tabel 4.7 adalah tabel optimasi untuk 12 lokasi. Perhitungan yang dipakai adalah perhitungan linier seperti yang diterangkan pada bab 3.



Gambar 4. 2. Bagan Alir Perhitungan

Waktu Mulai	38,6	37,3	36,3	35,7	179	60,4	54,8	50,5	74,7	75,4	75,7	76,4	71,6	80,0	79,0	79,2	80,7	80,8	83,2	82,4
Paling Dini	42,2	40,4	39,0	38,1	250	74,7	66,4	60,0	75,7	76,0	76,2	76,9	79,0	82,1	80,6	80,4	81,5	82,4	83,9	83,9

Tabel 4.6. 12 lokasi

Lintasan Kegiatan	1				2				3				4				5				6				7			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alternatif	15	20	15	10	8	6	6	6	15	18	20	15	13	10	15	18	20	22	37	34	30	25	37	40	44			
Sumber daya	0,0	0,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,9	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	7,1	7,2	7,6	8,0	9,0	8,8	8,5	8,4	11,9	12,1	12,4			
	0,0	0,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,9	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	7,1	7,2	7,6	8,0	9,0	8,8	8,5	8,4	11,9	12,1	12,4			
	0,0	0,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,9	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	7,1	7,2	7,6	8,0	9,0	8,8	8,5	8,4	11,9	12,1	12,4			
	0,5	0,3	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1	4,4	5,5	5,6	5,7	5,5	5,9	6,0	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2			
	1,6	1,1	4,1	4,1	4,4	4,6	4,9	5,3	5,8	5,9	5,9	5,8	6,1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2			
	2,6	1,8	4,5	4,5	4,9	5,3	5,9	6,8	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3				
	3,6	2,8	4,9	4,9	5,5	6,0	6,8	7,7	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3				
	4,7	3,9	5,2	5,2	6,0	6,7	7,7	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
	5,2	4,1	5,4	5,4	6,3	7,0	8,2	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
	5,2	4,1	5,4	5,4	6,3	7,0	8,2	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
	5,2	4,1	5,4	5,4	6,3	7,0	8,2	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
	5,2	4,1	5,4	5,4	6,3	7,0	8,2	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
	5,2	4,1	5,4	5,4	6,3	7,0	8,2	8,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				

Lintasan Kegiatan	8				9				10				11				12				13				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Alternatif	37	34	30	25	37	40	44	37	34	30	25	37	40	44	37	34	30	25	37	40	44	37	34	30	25
Sumber daya	12,8	12,8	12,7	12,6	13,2	13,2	13,2	13,2	19,9	19,8	19,5	19,0	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3
	12,8	12,8	12,7	12,6	13,2	13,2	13,2	13,2	19,9	19,8	19,5	19,0	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3
	12,8	12,8	12,7	12,6	13,2	13,2	13,2	13,2	19,9	19,8	19,5	19,0	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3
	13,2	13,2	13,2	13,2	14,2	14,1	14,0	20,2	20,0	19,8	19,3	20,8	20,7	20,6	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
	13,8	13,8	13,9	14,1	16,2	16,0	15,7	20,6	20,5	20,3	19,9	23,7	23,3	23,0	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	
	14,6	14,7	14,9	15,2	18,4	18,0	17,5	21,0	20,9	20,6	20,6	26,7	26,1	25,5	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	
	15,3	15,5	15,8	16,3	20,6	20,0	19,4	21,4	21,4	21,3	21,2	29,8	29,0	28,1	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	27,7	
	16,0	16,3	16,7	17,4	22,5	21,8	21,1	21,9	21,9	21,9	21,9	32,6	31,6	30,5	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
	16,4	16,7	17,2	18,0	23,6	22,8	21,9	22,2	22,2	22,2	22,3	34,1	33,0	31,7	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	
	16,4	16,7	17,2	18,0	23,6	22,8	21,9	22,2	22,2	22,2	22,3	34,1	33,0	31,7	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	
	16,4	16,7	17,2	18,0	23,6	22,8	21,9	22,2	22,2	22,2	22,3	34,1	33,0	31,7	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	
	16,4	16,7	17,2	18,0	23,6	22,8	21,9	22,2	22,2	22,2	22,3	34,1	33,0	31,7	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	

Yang Menentukan

Lintasan Kegiatan	14				15				16				17				18				19				20							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alternatif	30	35	40	44	6	30	37	45	68,2	71,1	72,5	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3
Sumber daya	29,4	29,4	29,4	29,4	30,7	30,7	30,7	30,7	69,6	72,0	73,2	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3
	29,4	29,4	29,4	29,4	30,7	30,7	30,7	30,7	70,9	72,8	73,8	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3	74,0	75,3
	31,3	31,0	30,8	30,1	54,5	35,4	34,5	33,8	72,7	74,0	74,7	75,5	74,7	76,2	76,2	77,7	78,1	79,9	79,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4
	34,9	34,1	33,5	33,2	108,	46,1	43,2	41,0	73,7	74,7	75,2	76,0	76,2	78,2	77,7	78,1	79,9	79,2	80,7	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2	82,4	80,8	83,2
Waktu Mulai	38,6	37,3	36,3	35,7	179,	60,4	54,8	50,5	74,7	75,4	75,7	76,4	77,6	80,0	79,0	79,2	80,7	80,8	81,5	83,9	83,9	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1
Paling Dini	42,2	40,4	39,0	38,1	250,	74,7	66,4	60,0	75,7	76,0	76,2	76,9	79,0	82,1	80,6	80,4	81,5	82,3	83,9	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7
	45,9	43,5	41,8	40,6	322,	89,0	78,0	69,6	76,7	76,7	76,7	77,4	80,4	83,8	81,9	81,5	82,3	82,6	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1
	47,7	45,1	43,1	41,9	375,	99,7	86,7	76,7	78,1	77,6	77,4	77,6	81,2	84,8	82,7	82,1	82,6	82,6	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1
	47,7	45,1	43,1	41,9	375,	99,7	86,7	76,7	79,3	78,4	78,0	77,6	81,2	84,8	82,7	82,1	82,6	82,6	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1
	47,7	45,1	43,1	41,9	375,	99,7	86,7	76,7	80,6	79,3	78,7	77,6	81,2	84,8	82,7	82,1	82,6	82,6	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1
	47,7	45,1	43,1	41,9	375,	99,7	86,7	76,7	81,4	79,8	79,0	77,6	81,2	84,8	82,7	82,1	82,6	82,6	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1	86,3	84,7	85,1

Tabel 4.7. 6 Lokasi

Lintasan Kegiatan	2				3				4				5				6				7							
	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Alternatif	15	20	15	10	8	3,8	3,8	3,8	6,5	5,3	5,5	5,5	20	15	13	10	15	18	20	22	22	37	34	30	25	37	40	44
Sumber daya	0,0	0,3	4,0	4,0	4,1	7,0	5,5	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	6,3	6,4	6,6	9,0	9,0	9,2	9,4	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
	2,6	1,1	4,7	5,1	5,5	8,8	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	8,5	9,0	10,0	12,2	11,7	11,6	13,9	14,1	14,1	14,4	15,0	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
	4,7	3,9	5,4	6,2	6,8	10,6	6,8	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6	10,8	11,6	13,4	15,5	14,4	14,0	13,8	16,2	16,2	16,6	17,2	18,3	17,9	17,8	17,7	17,7
	5,1	4,0	5,6	6,5	7,2	11,1	6,9	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	11,4	12,3	14,3	16,3	15,1	14,6	14,4	16,7	16,7	17,2	17,9	18,3	18,2	18,0	18,0	18,0
	5,2	4,0	5,6	6,5	7,2	11,1	6,9	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	11,4	12,3	14,3	16,3	15,1	14,6	14,4	16,7	16,7	17,2	17,9	18,3	18,2	18,0	18,0	18,0

Yang Menentukan

Dari hasil perhitungan di atas, tampak bahwa pada kegiatan 1 (urugan biasa) lokasi 1, lokasi 2, dan lokasi 3, waktu yang didapat adalah 0. Hal ini disebabkan pada lokasi tersebut belum ada kegiatan urugan. Pada kegiatan-kegiatan selanjutnya, lokasi-lokasi tersebut menyesuaikan. Artinya, pada lokasi tersebut tidak ada kemajuan pekerjaan dan tidak ada penambahan waktu.

4.6. Analisa Sumber Daya

Peningkatan jumlah sumber daya pada sebuah proyek, secara otomatis akan mempercepat waktu pelaksanaan. Secara logika, jumlah sumber daya yang paling besar adalah alternatif terpilih dari program optimasi. Tetapi hal ini bukanlah merupakan pola baku. Terdapat faktor lain yang menjadi pertimbangan pemilihan alternatif terbaik. Contoh pada kasus ini ada pada kegiatan 17, yaitu pada pekerjaan pemasangan pipa Galvanis diameter 3 mm. Pada kegiatan ini, sumber daya terbesar adalah alternatif ke-1, dengan jumlah sumber daya 3 orang. Tetapi, alternatif 1 bukanlah alternatif terpilih, karena bila alternatif tersebut diambil, akan terjadi tumbukan/benturan kegiatan pada pekerjaan selanjutnya. Apabila benturan terjadi, berarti terdapat dua jenis kegiatan pada lokasi dan waktu yang sama. Tetapi, kemampuan pekerja juga perlu diperhitungkan. Misalnya pada pekerjaan pengurugan, tanah pekerja Kaliangkrik dan pekerja Wonosari mempunyai kecepatan dan kemampuan yang berbeda. Hal ini juga perlu diperhitungkan, meskipun tidak dibahas dalam Tugas Akhir ini.

Tabel berikut menerangkan secara singkat alternatif terpilih pada optimasi pembangunan jembatan. Hasil ini bukan merupakan hasil baku dari tiap-tiap

merupakan alternatif utama, dibandingkan alternatif kedua dengan 2 orang pekerja. Tetapi dengan adanya hasil akhir yang lebih kecil dari kegiatan sebelumnya, berarti terjadi benturan dengan kegiatan sesudahnya. Sehingga alternatif ke-2 merupakan alternatif terpilih, karena tidak terjadi tumbukan dengan kegiatan sebelum atau sesudahnya.

BAB V

KESIMPULAN

5. 1. Kesimpulan.

Tuntutan akan pengendalian yang memadai pada sebuah proyek merupakan hal mutlak. Faktor utama pengendalian adalah time schedule. Pemilihan penggunaan time schedule adalah langkah awal sebuah pengendalian. Penentuan penggunaan sebuah time schedule, selain didasarkan atas kapasitas pelaksana di lapangan dalam merealisasikan item-item pekerjaan, juga kemudahan dalam membaca jadual.

Kelambatan pekerjaan pada suatu proyek seakan-akan adalah hal biasa. Hal ini harus cepat-cepat diantisipasi. Alternatif penanganannya harus disikapi, misalnya dengan menambah sumber daya atau menambah jam kerja. Dengan metode “trial dan error”, kita dapat mencoba penanganan dari sisi penambahan sumber daya dengan memperhitungkan volume pekerjaan. Untuk mudahnya, pekerjaan kita bagi menjadi beberapa lokasi tanpa mengabaikan alternatif sumber daya dan pembagian volume. Setelah dikomputasi, dapat kita baca alternatif solusi yang kita inginkan. Cara kerja seperti itu terbungkus dalam sebuah metode, yang bernama metode Linier.

penjadualan pekerjaan jembatan, karena usulan penawaran dari masing-masing kontraktor selalu berbeda.

Tabel 4.9. Alternatif Hasil Perhitungan Optimasi Terpilih.

No	NAMA PEKERJAAN	SUMBER DAYA				SUMBER DAYA TERPILIH	
		r(1)	r(2)	r(3)	r(4)	Alternatif	Besarnya
1	Urugan Biasa	15	20	-	-	2	20
2	Urugan Terpilih	15	10	8	6	1	15
3	Galian Konst. 0-2m	15	18	20	-	3	20
4	Galian Konst. 2-4m	15	13	10	-	1	15
5	Galian Konst. > 4m	15	18	20	22	4	22
6	Beton K-350 pada elevasi	37	34	30	25	1	37
7	Beton K-225 pada elevasi	37	40	44	-	3	44
8	Beton K-225 di bawah air	37	35	30	25	1	37
9	Beton K-225 pada pondasi	37	41	44	-	3	44
10	Beton K-175 pada pondasi	37	34	30	25	1	37
11	Beton Cyclop K-175 pada pondasi	37	40	44	46	4	46
12	Beton K-175	37	34	30	0	1	37
13	Pembesian Tul. Polos	30	32	34	36	4	36
14	Pembesian Tul. Ulir	30	35	40	44	4	44
15	Beton Pracetak T Pancang Terps.	6	30	37	45	4	45
16	Pasangan Batu	4	6	8	-	3	8
17	Pipa Besi Galvanis dia. 3"	3	1	-	-	2	1
18	Pipa Besi Galvanis dia. 4"	3	4	5	-	3	5
19	Besi Siku 50 x 50 x 4 mm	4	2	-	-	1	4
20	Expansion Joint	4	2	-	-	1	4

4.7. Analisa Waktu

Dari perhitungan komputer didapat data optimasi waktu seperti berikut :

Tabel 4.10. Alternatif Hasil Perhitungan Optimasi Waktu.

No	PELAKSANAAN PEKERJAAN	WAKTU KEGIATAN		OPTIMASI WAKTU YANG DIPEROLEH
		MULAI	SELESAI	
1	Time Schedule	0	162	0
2	Pembagian 6 Lokasi	0	132.66	29.34
3	Pembagian 12 Lokasi	0	121.11	40.89

Dari data dapat dicermati bahwa waktu tercepat yang didapat biasanya berasal dari alternatif sumber daya yang paling besar. Tetapi hal ini ternyata bukan merupakan solusi akhir. Kita lihat pada kegiatan 17, kegiatan pemasangan pipa galvanis diameter 3", alternatif ke-1 dengan 3 pekerja secara logika

Metode Linier dengan alat bantu komputer mencoba menawarkan solusi alternatif yang berhubungan dengan kegiatan, waktu, dan lokasi. Dari hasil pemakaian Program Linier dengan dibantu program komputer didapatkan :

1. Optimasi waktu yang dicapai pada pembagian 6 lokasi dibanding penjadualan pada time schedule adalah 29.34 hari.
2. Optimasi waktu yang dicapai pada pembagian 12 lokasi adalah 40.89 hari.

Optimasi yang didapat adalah optimasi yang berdasarkan berbagai pertimbangan. Pertimbangan-pertimbangan yang dipakai adalah pembagian lokasi, jumlah volume pekerjaan, dan alternatif sumber daya. Berdasar data waktu optimasi di atas, dan berdasar uraian pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan :

1. Metode Penjadualan Linier dapat dipakai sebagai salah satu metode alternatif dalam penggunaan jadual.
2. Metode Penjadualan Linier sesuai untuk pengendalian sebuah proyek, karena dapat menggambarkan keterikatan antara item pekerjaan, lokasi, dan waktu

1.2. Saran-saran.

Pada dasarnya, tidak ada metode pengendalian yang dianggap paling unggul. Tetapi, tidak ada salahnya bila kita mencoba melakukan terobosan baru dengan memakai metode yang selama ini dianggap tabu.

Pada pemakaian Metode Linier ini, ada beberapa saran yang akan diungkapkan :

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk penerapan metode Penjadualan Linier dengan memperhitungkan biaya sebagai kendala, sehingga diperoleh waktu proyek yang optimal.
2. Metode ini dapat dipakai, tanpa mengesampingkan peran Bar-Chart (Bar Chart dan Metode Linier dipakai bersama-sama).

PENUTUP

Atas Rakhmat Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang, akhirnya Tugas Akhir ini dapat penyusun selesaikan .

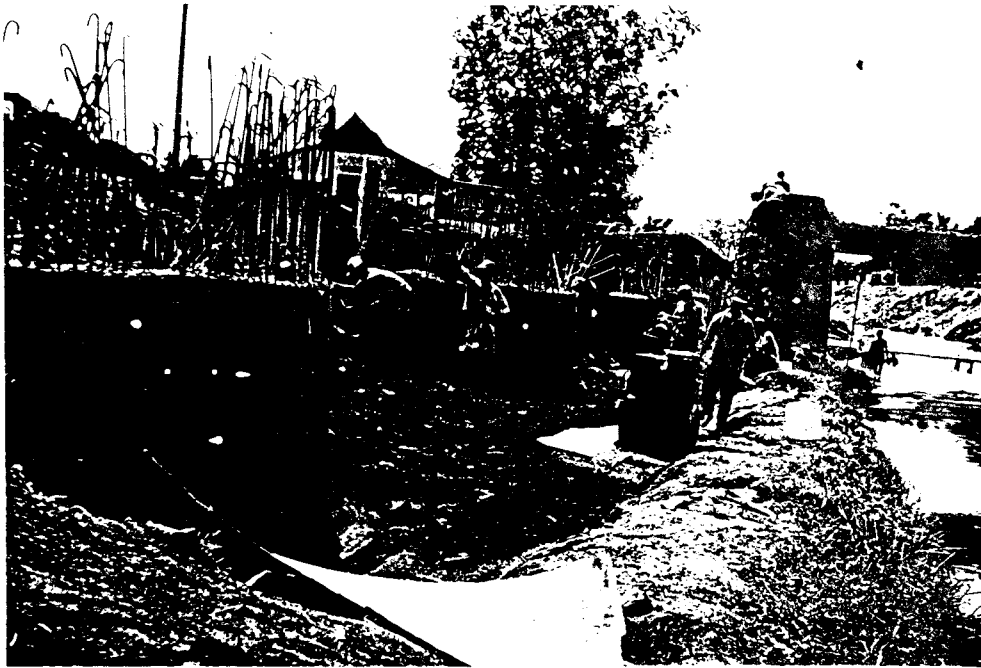
Tugas Akhir ini merupakan studi kasus pada proyek Pembangunan Jalan Arteri Utara-Barat dan studi literatur, dengan judul:

OPTIMASI PENJADUALAN PEKERJAAN PEMBANGUNAN JEMBATAN DENGAN METODE LINIER.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penyusun dan pembaca pada umumnya. Sekali lagi penyusun ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini, akhirnya Tugas Akhir ini penyusun tutup dengan syukur Alhamdulillahirobbil'alamin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ali Basyah Siregar, TMA Ari Samadhi, 1987, **Manajemen**, Institut Teknologi Bandung, Bandung,.
2. David W. Johnson, 1981, **Linear Scheduling Methode for Highway Construction**, Journal of The Construction Division, London.
3. Henry Wardana, 1994, **Perencanaan Jadwal pada Proyek Jalan Lokal dengan Metode Linier**, Tesis ITB, Bandung.
4. Imam Sukoto, 1987. **Pengendalian Pelaksanaan Konstruksi**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta,.
5. Insap Santoso, 1992, **Turbo Pascal 6**, Andy Offset, Yogyakarta.
6. Michael T. Callahan, 1992, **Construction Project Scheduling**, McGraw Hill Inc, New York.
7. Shlome Selinger, 1980, **Construction planing for Linear Project**, Journal of The Construction Division, London, June. ,
8. Supriyatno, 1996, **Perencanaan Jadwal pada Proyek Jalan Lokal dengan Metode Linier**, Tugas Akhir FTSP-UII, Yogyakarta.
9. Tadjuddin BMA., 1994, **Penerapan Rekayasa Nilai pada Desain Jembatan Kampus Terpadu UII Yogyakarta**, Tesis ITB, Bandung.
10. Victor G. Hajek, 1984, **Management of Engineering Project**, McGraw Hill Inc, New York.



Gambar Penimbunan Tanah Sekitar Pondasi



Gambar Pejulangan Lantai Jembatan

METODE PELAKSANAAN

Pekerjaan : Bagian Proyek Pembangunan Jalan Arteri Yogyakarta
 Kontrak No. : Pembangunan Jalan Arteri Utara Barat
 : Daerah Istimewa Yogyakarta
 : PT. BANGUN MAKMUR UTAMA

DRAINASE :

2.2. Pekerjaan Pasangan Batu dengan Mortar

Pekerjaan Pasangan batu dengan mortar dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknik dan pengarahannya direksi.

Digunakan tenaga kerja 1 group terdiri dari :

- a. Mandor = 0,25 orang
- b. Tukang batu = 1,00 orang
- c. Pekerja = 2,00 orang

Dengan Produktivitas 1 group sebesar :

			2,2857 m ³ /hari
a. Produktivitas Mandor	:	$\frac{2,2857}{8,00 \times 0,25}$	= 1,1400 m ³ /jam Koefisien --> : 0,8772
b. Produktivitas Tukang batu	:	$\frac{2,2857}{8,00 \times 1,00}$	= 0,29 m ³ /jam Koefisien --> : 3,4483
c. Produktivitas Pekerja	:	$\frac{2,2857}{8,00 \times 2,00}$	= 0,14 m ³ /jam Koefisien --> : 7,1429

Volume Pasangan	:	2.270,00 m ³
Digunakan	:	15 group tenaga kerja
Waktu yang dibutuhkan	:	$\frac{2.270,00}{2,2857 \times 15,00}$ = 66,21 hari

Peralatan yang dibutuhkan	:	
Concrete mixer dengan kapasitas	:	350,00 lt
Volume 1 x mixer (V)	:	0,30 m ³
Koefisien alat (E)	:	0,60
Waktu siklus (WS)	:	6,00 menit

$$Q \text{ Concrete mixer} = \frac{V \times E \times 60}{WS} = \frac{0,30 \times 0,60 \times 60,00}{6,00} = 1,80 / 0,45 \text{ (Spesi)} = 4,00 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Jumlah Concrete mixer yang dibutuhkan} = \frac{2.270,00}{66,21 \times 3,00 \times 4,00} = 1,07 \text{ unit}$$

Dibulatkan : 1,00 unit

BANGUN MAKMUR UTAMA
 (Handwritten signature and stamp)

Lampiran 6

2.3.3. Gorong-gorong Beton Bertulang dia. 100 cm
 Pekerjaan Pemasangan gorong-gorong dilaksanakan dengan menggunakan tenaga kerja 1 group terdiri dari :

- a. Mandor = 0,75 orang
- b. Tukang = 3,00 orang
- c. Pekerja = 18,00 orang

Dengan Produktivitas 1 group sebesar = 10,00 m³/hari

a. Produktivitas Mandor = $\frac{10,00}{8,00 \times 0,75} = 1,67 \text{ m}^3/\text{jam}$ Koeffisien --> = 0,5988

b. Produktivitas Pekerja terlatih = $\frac{10,00}{8,00 \times 3,00} = 0,42 \text{ m}^3/\text{jam}$ Koeffisien --> = 2,381

c. Produktivitas Pekerja = $\frac{10,00}{8,00 \times 18,00} = 0,07 \text{ m}^3/\text{jam}$ Koeffisien --> = 14,2857

Dengan alat bantu Takel dengan kekuatan = 1,50 ton
 Digunakan = 3 group dan 3 Takel
 Volume Gorong-gorong = 720,00 m³
 Waktu yang dibutuhkan = $\frac{720,00}{10,00 \times 3,00} = 24,00$ hari

3.2.(1) Urugan Biasa ✓

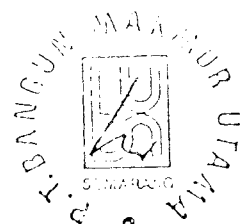
Pada Pekerjaan urugan biasa akan dikerjakan sesuai dengan spesifikasi dan persetujuan direksi.

Digunakan alat untuk satu gugus peralatan :

- 1. Excavator untuk gali dan muat ke DT dengan kapasitas = 0,70 m³
- 2. Dump Truck utk transport dari quarry ke Proyek jarak 20 km dengan kapasitas = 10,00 ton
- 3. Motor Grader untuk menghampar tanah dgn kapasitas blade = 0,30 m³
- 4. Vibratory Roller untuk pemadatan dengan kapasitas = 8-10 Ton
- 5. Water tanker untuk memenuhi kadar air untuk pemadatan dengan kapasitas = 5.000,00 lt

Perhitungan produktivitas alat untuk pekerjaan urugan biasa :

1. EXCAVATOR :
- Q = 0,70 m³
 - WS = 0,45 unit
 - Effisiensi (E)
 - Faktor Bucket (E1) = 0,90
 - Faktor Effisiensi kerja (E2) = 0,80
 - Faktor Kondisi Kerja (E3) = 0,80
 - Faktor Kedalaman (E4) = 0,90
 - Faktor pengembangan tanah (F) = 1,20



Lampiran 7

$$Q = \frac{q \times 60,00 \times E1 \times E2 \times E3 \times E4}{WS \times F}$$

$$= \frac{0,70 \times 60,00 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,80 \times 0,90}{0,45 \times 1,20} = 40,32 \text{ m}^3/\text{jam (padat)}$$

Dibulatkan = 40,00 m³/jam

2. DUMP TRUCK :

- Kapasitas bak = 6,00 m³
 - Kec. rata - rata = 40,00 km/jam
 - Jarak rata - rata = 20,00 km, Effisiensi = 0,80
 - Waktu siklus :
 - Waktu mengisi bak = 2,00 menit
 - Waktu angkut = 60,00 menit
 - Waktu menempuh = 3,00 menit
 - Waktu menunggu pengisian = 3,00 menit
- Cmt = 68,00 menit

$$Q = \frac{q \times 60,00 \times E}{Cmt}$$

$$= \frac{6,00 \times 60,00 \times 0,80}{68,00} = 4,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. MOTOR GRADER :

- Kapasitas blade = $q = \frac{1,50 \times 0,25 \times 0,80}{10,00 \times 60} = 0,30 \text{ m}^3$
- WS = $\frac{5.000,00}{0,05} = 0,17 \text{ menit}$
- Effisiensi Kerja = 0,80
- Faktor Konversi volume tanah lepas, f = 1,00

$$Q = \frac{q \times 60,00 \times E \times f}{WS}$$

$$= \frac{0,30 \times 60,00 \times 0,80 \times 1,00}{0,17} = 84,71 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4. VIBRATORY ROLLER lebar drum ± 1,5 m. Lebar Efektif = 1,50 - 0,30 = 1,20 m

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1.000,00 \times Z}{H}$$

$$= \frac{1,20 \times 3,00 \times 0,20 \times 1.000,00 \times 0,75}{6,00} = 90,00 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5. WATER TANKER : Q = 120,00 m³/jam



Lampiran 11

1. WHEEL LOADER

$$Q \text{ (lepas)} = \frac{2,00 \times 60,00 \times 0,75 \times 1,00}{0,90} = 100,00 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. DUMP TRUCK (jarak = 40 km) :

a. Waktu muat :

$$q = \frac{6,00}{2,00} \times 0,80 = 2,40 \text{ Dibulatkan} = 3,00$$

$$\text{Waktu muat} = 3,00 \times 0,50 \text{ menit} = 1,50 \text{ menit}$$

b. Waktu angkut dan kembali :

Kecepatan rata-rata = 40,00 km/jam
 Jarak rata-rata = 40,00 km

$$\text{Waktu angkut dan kembali} = \frac{40,00 \times 2,00 \times 60,00}{40,00} = 120,00 \text{ menit}$$

c. Waktu bongkar dan waktu tunggu

d. Waktu bagi Dump Truck mengambil posisi muat = 5,00 menit

e. Siklus time Cmt = 1,50 + 120,00 + 5,00 + 1,00 = 127,50 menit

$$Q = \frac{q \times E}{\text{Cmt}} = \frac{3,00 \times 60,00}{127,5} = 2,40 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. MOTOR GRADER :

Kapasitas blade = $q = \frac{1,50 \times 0,25 \times 0,80}{10,00 \times 60,00} = 0,30 \text{ m}^3$

WS = $\frac{5.000,00}{0,05} = 0,17 \text{ menit}$

Effisiensi Kerja

Faktor Konversi volume tanah lepas, f = 0,80

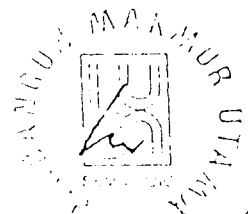
$q \times 60,00 \times E \times f = 1,00$

$$Q = \frac{WS}{0,30 \times 60,00 \times 0,80 \times 1,00} = 84,71 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4. VIBRATORY ROLLER lebar drum ± 1,5 m. Efektif =

$W \times V \times H \times 1.000,00 \times Z = 1,50 \times 0,30 = 1,20 \text{ m}$

$$Q = \frac{H}{1,20 \times 3,00 \times 0,20 \times 1.000,00 \times 0,75} = 90,00 \text{ m}^3/\text{jam}$$



Handwritten mark

Handwritten signature

6.3.(5) Asphalt Treated Base (ATB)

Pada Pekerjaan ATB akan dikerjakan sesuai spesifikasi gambar dan persetujuan direksi
Digunakan alat untuk satu gugus peralatan :

- | | | |
|--|---|---------------------------|
| 1. Asphalt Mixing Plant untuk pembuatan hotmix dengan kapasitas | = | 40,00 ton/jam |
| 2. Dump Truck untuk mengangkut dari Base Camp kelokasi Proyek jarak 40 km dengan kapasitas | = | 10,00 ton |
| 3. Tandem Roller untuk pemadatan dengan kapasitas | = | 10,00 ton |
| 4. Pneumatic Tire Roller untuk memadatan dengan kapasitas | = | 8,00 ton |
| 5. Wheel loader untuk memuat agregat ke Hot Bin AMP dengan kapasitas | = | 2,30 m ³ |
| 6. Asphalt Finisher untuk menggelar Hotmix di badan jalan dengan kapasitas | = | 60,00 m ³ /jam |
| 7. Alat bantu (generator untuk penerangan dll) | | |

Perhitungan produktivitas alat untuk satu gugus peralatan untuk pekerjaan ATB :

1. ASPHALT MIXING PLANT

Kapasitas teoritis = 40,00 km/jam

$$Q = 0,80 \times 40,00 = 32,00 \text{ ton/jam}$$

$$= 13,91 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. DUMP TRUCK

Kapasitas bak = 10,00 ton
 Kec. rata-rata = 40,00 km/jam
 Jarak rata-rata = 40,00 km
 Waktu siklus :

$$\text{Waktu mengisi bak} = \frac{10,00 \times 60,00}{32,00} = 18,75 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu mengangkut} = \frac{40,00 \times 2,00 \times 60,00}{40,00} = 120,00 \text{ menit}$$

Waktu menunggu pengisian = 5,00 menit
 Waktu menumpah = 5,00 menit

$$= 148,75 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{q \times 60,00 \times E}{WS} = \frac{10,00 \times 60,00 \times 0,85}{148,75} = 3,43 \text{ ton/jam} = 1,49 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= \frac{13,91}{1,49} = 9,33 \text{ unit}$$

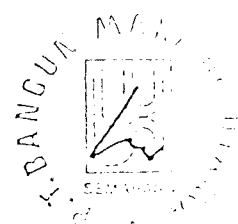
Untuk melayani AMP digunakan = 9,33 unit
 1,49 Dibulatkan = 10,00 unit DI.

3. TANDEM ROLLER

Lebar Drum (W) = 1,65 m (efektif)
 Kecepatan rata-rata (V) = 2,50 km/jam
 Total Hampanan (H) = 5,00 cm = 0,05 m
 Efisiensi (E) = 0,85
 Jarak lintasan (N) = 8,00 x

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1.000,00 \times E}{N}$$

$$= \frac{1,65 \times 2,50 \times 0,05 \times 1.000,00 \times 0,85}{8,00} = 21,91 \text{ m}^3/\text{jam}$$



Handwritten signature

Tenaga yang dibutuhkan 1 group dengan produksi = 0,42 m³/Jam, terdiri dari :

- Mandor = 2,00 orang
- Tukang = 12,00 orang
- Pekerja = 32,00 orang

Produktivitas tenaga kerja 1 group :

1. Mandor	=	0,42 /	2,00	=	0,21 m ³ /jam	Koeffisien -->	=	4,7619
2. Tukang	=	0,42 /	12,00	=	0,04 m ³ /jam	Koeffisien -->	=	25,0000
3. Pekerja	=	0,42 /	32,00	=	0,01 m ³ /jam	Koeffisien -->	=	100,0000

Waktu yang dibutuhkan = 60,00
 ----- = 17,86 hari
 0,42 x 8,00

Dibulatkan = 18,00 hari

7.3 (2) Menurunkan Caisson Dia. 300 Cm = 67,10 m³

Peralatan yang digunakan :

- Pompa yang dibutuhkan untuk pengeringan dengan kapasitas 5" = 4,00 unit
 1,00
 Produktivitas Pompa ----- = 0,25 m³/jam
 4,00

- Tenaga yang dibutuhkan = 14,00 orang pekerja untuk 1 group dengan hasil 1,00 m³/hari
 Produktivitas
 1,00
 1 Group ----- = 0,0089 m³/jam
 14,00 x 8,00

- waktu yang dibutuhkan : 67,10
 ----- = 11,18 hari
 1,00 x 6,00

Dibulatkan : 11,00 Hari Kalender



Handwritten signature and initials.

Handwritten mark.

7.3 (3) Beton Pratekan Precast kec. Tiang Pancang

Peralatan yang digunakan :

1. Crane on Wheel untuk mengangkat dan transport ke lokasi dan menurunkannya pada posisinya sesuai pada gambar dengan kapasitas 40 ton.
2. Flat bed Truck untuk mengangkat gelagar pracetak dengan kapasitas 10 - 15 ton
3. Compactor untuk pembersihan dan membantu pelaksanaan gROUTING.
4. Alat stressing dan GROUTING

Perhitungan Produktivitas Alat

	1,00		
1. Crane on Wheel :	-----	=	0,14 bh/jam
	7,00		
	1,00		
2. Flat bed truck :	-----	=	0,06 bh/jam
	16,00		
	1,00		
3. Alat stressing :	-----	=	0,03 bh/jam
	40,00		

Tenaga Kerja :

	1,00		
1. Mandor :	-----	=	0,0010 bh/jam
	1.000,00		
	1,00		
2. Pekerja :	-----	=	0,0010 bh/jam
	1.000,00		

Waktu yang dibutuhkan untuk launching 90,00 hari

7.4 Pasangan Batu :

Pekerjaan Pasangan batu dengan mortar dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknik dan pengarahannya direksi.

Digunakan tenaga kerja 1 group terdiri dari :

- | | | |
|----------------|---|------------|
| a. Mandor | = | 0,25 orang |
| b. Tukang batu | = | 1,00 orang |
| c. Pekerja | = | 2,00 orang |

Dengan Produktivitas 1 group sebesar :

		2,00 m ³ /hari
a. Produktivitas Mandor	=	1,14 m ³ /jam

	2,00	
	7,00 x	0,25
b. Produktivitas Tukang batu	=	0,29 m ³ /jam

	2,00	
	7,00 x	1,00
c. Produktivitas Pekerja	=	0,14 m ³ /jam

	2,00	
	7,00 x	2,00



Volume Pasangan Digunakan	:	2.907,00 m ³	
	:	15 group tenaga kerja	
Waktu yang dibutuhkan	:	2.907,00	
	:	-----	= 96,90 hari
	:	2,00 x 15,00	
	:	Dibulatkan	= 100,00 hari
Peralatan yang dibutuhkan	:		
Concrete mixer dengan kapasitas	:	350,00 lt	
Volume 1 x mixer (V)	:	0,30 m ³	
Koefisien alat (E)	:	0,60	
Waktu siklus (WS)	:	6,00 menit	
Q Concrete mixer =	$\frac{V \times E \times 60}{WS}$	$\frac{0,30 \times 0,60 \times 60,00}{6,00}$	
		= 1,80 /	0,45 (spesi) = 4,00 m ³ /Jam
Jumlah Concrete mixer yang dibutuhkan =		$\frac{15,00 \times 2,00}{4,00 \times 7,00}$	= 1,07 unit
		Dibulatkan	= 1,00 unit

7.8 (4) Expantion Joint

Peralatan yang digunakan :

1. Concrete Mixer
2. Epoxy Mixer
3. Alat bantu terdiri dari : mesin potong Aspal, mesin bongkar aspal, mesin pengikis beton, mesin mesin pemadat mortar.

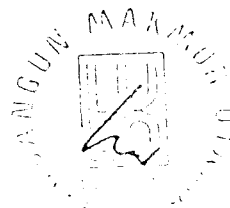
Produktivitas Alat :

1. Concrete Mixer produktivitas alat = 1,80 m³/jam
= 1,80 x 0,56 = 1,00 m³/jam
2. Epoxy Mixer produktivitas t = 1,00 m³/jam

Produktivitas tenaga kerja 1 group dengan produksi : 99,00 m³/jam

1. Mandor = $\frac{1,00}{1,00}$ = 1,00 m³/jam
2. Pekerja = $\frac{1,00}{2,00}$ = 0,50 m³/jam

Dibutuhkan waktu : $\frac{54,00}{1,00 \times 7,00}$ = 7,71 hari
Dibulatkan : 8,00 hari



km

R

S

8.9.(1) Penghalang Median Pracetak

Lampiran 21

Digunakan tenaga kerja 1 group terdiri dari :

- a. Mandor = 0,25 Orang
- b. Tukang Batu = 1,00 Orang
- c. Pekerja = 2,00 Orang

Dengan Produktivitas = 10,00 m³/Hari

a. Produktivitas Mandor = $\frac{10,00}{8,00 \times 0,25} = 5,0000 \text{ m}^3/\text{Jam}$ Koeffisien --> = 0,2

b. Prod. Tukang Batu = $\frac{10,00}{8,00 \times 1,00} = 1,2500 \text{ m}^3/\text{Jam}$ Koeffisien --> = 0,8

c. Prod. Pekerja = $\frac{10,00}{8,00 \times 2,00} = 0,6250 \text{ m}^3/\text{Jam}$ Koeffisien --> = 1,6

Peralatan yang dibutuhkan :

Dump Truck kapasitas = 10,00 Ton

= $\frac{10}{0,105 \times 2,4} = 39,68 \text{ m}^3$ Median Pracetak

Waktu Siklus (WS) = 300 Menit

Q = $\frac{39,6825 \times 0,85 \times 60,00}{300} = 6,746 \text{ m}^3/\text{Jam}$ Koeffisien --> = 0,1492

Waktu yang dibutuhkan dengan pekerja = 15 Group

= $\frac{4.500,00}{10,00 \times 15,00} = 30,00$ Hari



Handwritten signature and initials.

Handwritten mark resembling the letter 'A'.

Handwritten mark resembling the letter 'B'.

Procedur take input ;

```
Begin
Masukkan Jumlah Kegiatan (jumlah-kegiatan)
Masukkan Jumlah Lokasi (jumlah- lokasi )
Masukkan Jumlah alternatif sumber daya (jumlah-alternatif-pekerja)

For I = 1 to jumlah-kegiatan
  For j = 1 to jumlah-lokasi kegiatan ke
    Masukkan jam kerja lokasi ke-1, lokasi ke-j (lokasi (I,j))
    For k = 0 to jumlah-alternatif-pekerja
      Masukkan jumlah alternatif 50 kegiatan ke-I, alternatif ke-k
      (pekerja (I,k))
    end;
  end;
end;
```

Procedur hitung;

```
Begin
For I = 1 to jumlah-kegiatan
  For j = 1 to jumlah-lokasi
    For k = 0 to jumlah-alternatif-pekerja
      Masukkan nilai awal (awal)
       $SL = \text{awal} * (\text{lokasi } (I,j) / \text{pekerja } (I,k))$ 
    end;
  end;
  Sortir-  $\cap$ 
  {*cari nilai SL terkecil*}
end;
For I = 1 to jumlah-kegiatan
  For j = 1 to jumlah-lokasi
    For k = 0 to jumlah-alternatif-sumber daya
      tabel = SL-Sortir-SL
    end;
  end;
end;
```

Procedur tampil-tabel

```
Begin
For I = 1 to jumlah-kegiatan
  For j = 1 to jumlah-lokasi
    For k = 0 jumlah=alternatif-pekerja
      Tampilkan tabel
    end;
  end;
  Cetak alternatif pekerja yang dipilih untuk kegiatan ke-I
  Tampilkan Grafik
  {Grafik dibuat berdasarkan alternatif masing-masing kegiatan yang dipilih}
end;
```

```
Begin
Take-input;
Hitung;
Tampilkan-tabel
end.
```

***** TABEL KEBUTUHAN HARI KERJA *****

Kegiatan ke 1 = Urugan Biasa	0.00	0.00	0.00	55.00	109.00	110.00	108.00	111.00	55.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 2 = Urugan terpilih	0.00	0.00	0.00	19.00	38.00	39.00	38.00	39.00	20.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 3 = Galian Konst. 0-2 m	0.00	0.00	0.00	24.00	40.00	32.00	35.00	20.00	17.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 4 = Galian Konst. 2-4 m	0.00	0.00	0.00	64.00	167.00	124.00	122.00	117.00	59.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 5 = Galian Konst.> 4 m	0.00	0.00	0.00	84.00	169.00	172.00	174.00	164.00	85.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 6 = Beton K-350 pd. Elevasi	0.00	0.00	0.00	147.00	294.00	294.00	294.00	294.00	147.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 7 = Beton K-225 pd. Elevasi	0.00	0.00	0.00	100.00	184.00	150.00	200.00	150.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 8 = Beton k-225 di Bawah Air	0.00	0.00	0.00	92.00	157.00	207.00	192.00	190.00	95.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 9 = Beton K-225 pd Pondasi	0.00	0.00	0.00	269.00	524.00	559.00	574.00	507.00	270.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 10 = Beton K-175 pd. Pondasi	0.00	0.00	0.00	56.00	107.00	114.00	110.00	127.00	72.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 11 = Beton Cyclop K-175 pd. Pondasi	0.00	0.00	0.00	382.00	745.00	782.00	794.00	734.00	382.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 12 = Beton K-175	0.00	0.00	0.00	84.00	150.00	134.00	100.00	134.00	67.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 13 = Pembesian Tulangan Polos	0.00	0.00	0.00	99.00	199.00	198.00	210.00	187.00	99.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 14 = Pembesian Tulangan Ulir	0.00	0.00	0.00	384.00	768.00	768.00	768.00	768.00	384.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 15 = Beton Pracetak T.Pancang Terpasang	0.00	0.00	0.00	1000.00	2250.00	3000.00	3000.00	3000.00	2250.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 16 = Pasangan Batu	27.00	39.00	35.00	50.00	28.00	29.00	27.00	29.00	39.00	34.00	37.00	21.00
Kegiatan ke 17 = Pipa Galvaniz Dia. 3"	0.00	0.00	0.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 18 = Pipa Galvaniz Dia. 4"	0.00	0.00	0.00	18.00	42.00	38.00	44.00	36.00	22.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 19 = Besi siku 50x50x4 mm	0.00	0.00	0.00	11.00	22.00	22.00	22.00	22.00	11.00	0.00	0.00	0.00
Kegiatan ke 20 = Expantion Joint	0.00	0.00	0.00	11.00	22.00	22.00	22.00	22.00	11.00	0.00	0.00	0.00

***** TABEL ALTERNATIF SUMBER DAYA *****

Urugan Biasa	15.00	20.00	0.00	0.00
Urugan terpilih	15.00	10.00	8.00	6.00
Galian Konst. 0-2 m	15.00	18.00	20.00	0.00
Galian Konst. 2-4 m	15.00	13.00	10.00	0.00
Galian Konst.> 4 m	15.00	18.00	20.00	22.00
Beton K-350 pd. Elevasi	37.00	34.00	30.00	25.00
Beton K-225 pd. Elevasi	37.00	40.00	44.00	0.00
Beton k-225 di Bawah Air	37.00	34.00	30.00	25.00
Beton K-225 pd Pondasi	37.00	40.00	44.00	0.00
Beton K-175 pd. Pondasi	37.00	34.00	30.00	25.00
Beton Cyclop K-175 pd. Pondasi	37.00	34.00	30.00	25.00

Beton K-175
 37.00 34.00 30.00 0.00
 Pembesian Tulangan Polos
 30.00 32.00 34.00 36.00
 Pembesian Tulangan Ulir
 30.00 35.00 40.00 44.00
 Beton Pracetak T.Pancang Terpasang
 6.00 30.00 37.00 45.00
 Pasangan Batu
 4.00 6.00 8.00 0.00
 Pipa Galvaniz Dia. 3"
 3.00 1.00 0.00 0.00
 Pipa Galvaniz Dia. 4"
 3.00 4.00 5.00 0.00
 Besi siku 50x50x4 mm
 4.00 2.00 0.00 0.00
 Expantion Joint
 4.00 2.00 0.00 0.00

***** TABEL AKHIR SETELAH PERHITUNGAN *****

***** KEGIATAN 1 : Urugan Biasa *****

****Alternatif sumber daya ke-1

1,1,0 = 0.00
 1,1,1 = 0.00
 1,1,2 = 0.00
 1,1,3 = 0.00
 1,1,4 = 0.52
 1,1,5 = 1.56
 1,1,6 = 2.61
 1,1,7 = 3.64
 1,1,8 = 4.70
 1,1,9 = 5.22
 1,1,10 = 5.22
 1,1,11 = 5.22
 1,1,12 = 5.22

****Alternatif sumber daya ke-2

1,2,0 = 5.00
 1,2,1 = 5.00
 1,2,2 = 5.00
 1,2,3 = 5.00
 1,2,4 = 5.39
 1,2,5 = 6.17
 1,2,6 = 6.96
 1,2,7 = 7.73
 1,2,8 = 8.52
 1,2,9 = 8.91
 1,2,10 = 8.91
 1,2,11 = 8.91
 1,2,12 = 8.91

****Alternatif sumber daya ke-3

****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 2 : Urugan terpilih *****

****Alternatif sumber daya ke-1

2,1,0 = 3.57
 2,1,1 = 3.57
 2,1,2 = 3.57
 2,1,3 = 3.57
 2,1,4 = 3.75
 2,1,5 = 4.11

2,1,6 = 4.49
 2,1,7 = 4.85
 2,1,8 = 5.22
 2,1,9 = 5.41
 2,1,10 = 5.41
 2,1,11 = 5.41
 2,1,12 = 5.41

****Alternatif sumber daya ke-2

2,2,0 = 3.57
 2,2,1 = 3.57
 2,2,2 = 3.57
 2,2,3 = 3.57
 2,2,4 = 3.84
 2,2,5 = 4.39
 2,2,6 = 4.94
 2,2,7 = 5.49
 2,2,8 = 6.04
 2,2,9 = 6.33
 2,2,10 = 6.33
 2,2,11 = 6.33
 2,2,12 = 6.33

****Alternatif sumber daya ke-3

2,3,0 = 3.57
 2,3,1 = 3.57
 2,3,2 = 3.57
 2,3,3 = 3.57
 2,3,4 = 3.91
 2,3,5 = 4.59
 2,3,6 = 5.29
 2,3,7 = 5.96
 2,3,8 = 6.66
 2,3,9 = 7.02
 2,3,10 = 7.02
 2,3,11 = 7.02
 2,3,12 = 7.02

****Alternatif sumber daya ke-4

2,4,0 = 3.57
 2,4,1 = 3.57
 2,4,2 = 3.57
 2,4,3 = 3.57
 2,4,4 = 4.02
 2,4,5 = 4.93
 2,4,6 = 5.86
 2,4,7 = 6.76
 2,4,8 = 7.69
 2,4,9 = 8.17
 2,4,10 = 8.17
 2,4,11 = 8.17
 2,4,12 = 8.17

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 3 : Galian Konst. 0-2 m *****

****Alternatif sumber daya ke-1

3,1,0 = 4.89
 3,1,1 = 4.89
 3,1,2 = 4.39
 3,1,3 = 4.89
 3,1,4 = 5.12
 3,1,5 = 5.50
 3,1,6 = 5.80
 3,1,7 = 6.14
 3,1,8 = 6.33
 3,1,9 = 6.49

3,1,10 = 6.49

3,1,11 = 6.49

3,1,12 = 6.49

****Alternatif sumber daya ke-2

3,2,0 = 5.13

3,2,1 = 5.13

3,2,2 = 5.13

3,2,3 = 5.13

3,2,4 = 5.32

3,2,5 = 5.64

3,2,6 = 5.89

3,2,7 = 6.17

3,2,8 = 6.33

3,2,9 = 6.46

3,2,10 = 6.46

3,2,11 = 6.46

3,2,12 = 6.46

****Alternatif sumber daya ke-3

3,3,0 = 5.25

3,3,1 = 5.25

3,3,2 = 5.25

3,3,3 = 5.25

3,3,4 = 5.42

3,3,5 = 5.71

3,3,6 = 5.94

3,3,7 = 6.19

3,3,8 = 6.33

3,3,9 = 6.45

3,3,10 = 6.45

3,3,11 = 6.45

3,3,12 = 6.45

****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 3 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 4 : Galian Konst. 2-4 m *****

****Alternatif sumber daya ke-1

4,1,0 = 5.32

4,1,1 = 5.32

4,1,2 = 5.32

4,1,3 = 5.32

4,1,4 = 5.93

4,1,5 = 7.52

4,1,6 = 8.70

4,1,7 = 9.86

4,1,8 = 10.98

4,1,9 = 11.54

4,1,10 = 11.54

4,1,11 = 11.54

4,1,12 = 11.54

****Alternatif sumber daya ke-2

4,2,0 = 5.32

4,2,1 = 5.32

4,2,2 = 5.32

4,2,3 = 5.32

4,2,4 = 6.02

4,2,5 = 7.86

4,2,6 = 9.22

4,2,7 = 10.56

4,2,8 = 11.85

4,2,9 = 12.50

4,2,10 = 12.50

4,2,11 = 12.50

4,2,12 = 12.50

5,4,2 = 7.96
 5,4,3 = 7.96
 5,4,4 = 8.50
 5,4,5 = 9.60
 5,4,6 = 10.72
 5,4,7 = 11.85
 5,4,8 = 12.91
 5,4,9 = 13.46
 5,4,10 = 13.46
 5,4,11 = 13.46
 5,4,12 = 13.46

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 6 : Beton K-350 pd. Elevasi *****

****Alternatif sumber daya ke-1

6,1,0 = 9.03
 6,1,1 = 9.03
 6,1,2 = 9.03
 6,1,3 = 9.03
 6,1,4 = 9.60
 6,1,5 = 10.74
 6,1,6 = 11.87
 6,1,7 = 13.01
 6,1,8 = 14.14
 6,1,9 = 14.71
 6,1,10 = 14.71
 6,1,11 = 14.71
 6,1,12 = 14.71

****Alternatif sumber daya ke-2

6,2,0 = 8.76
 6,2,1 = 8.76
 6,2,2 = 8.76
 6,2,3 = 8.76
 6,2,4 = 9.38
 6,2,5 = 10.61
 6,2,6 = 11.85
 6,2,7 = 13.08
 6,2,8 = 14.32
 6,2,9 = 14.94
 6,2,10 = 14.94
 6,2,11 = 14.94
 6,2,12 = 14.94

****Alternatif sumber daya ke-3

6,3,0 = 8.52
 6,3,1 = 8.52
 6,3,2 = 8.52
 6,3,3 = 8.52
 6,3,4 = 9.22
 6,3,5 = 10.62
 6,3,6 = 12.02
 6,3,7 = 13.42
 6,3,8 = 14.82
 6,3,9 = 15.52
 6,3,10 = 15.52
 6,3,11 = 15.52
 6,3,12 = 15.52

****Alternatif sumber daya ke-4

6,4,0 = 8.38
 6,4,1 = 8.38
 6,4,2 = 8.38
 6,4,3 = 8.38
 6,4,4 = 9.22
 6,4,5 = 10.90

6,4,6 = 12.58
 6,4,7 = 14.26
 6,4,8 = 15.94
 6,4,9 = 16.78
 6,4,10 = 16.78
 6,4,11 = 16.78
 6,4,12 = 16.78

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 7 : Beton K-225 pd. Elevasi *****

****Alternatif sumber daya ke-1

7,1,0 = 11.91
 7,1,1 = 11.91
 7,1,2 = 11.91
 7,1,3 = 11.91
 7,1,4 = 12.30
 7,1,5 = 13.01
 7,1,6 = 13.58
 7,1,7 = 14.36
 7,1,8 = 14.94
 7,1,9 = 15.32
 7,1,10 = 15.32
 7,1,11 = 15.32
 7,1,12 = 15.32

****Alternatif sumber daya ke-2

7,2,0 = 12.14
 7,2,1 = 12.14
 7,2,2 = 12.14
 7,2,3 = 12.14
 7,2,4 = 12.49
 7,2,5 = 13.15
 7,2,6 = 13.69
 7,2,7 = 14.40
 7,2,8 = 14.94
 7,2,9 = 15.29
 7,2,10 = 15.29
 7,2,11 = 15.29
 7,2,12 = 15.29

****Alternatif sumber daya ke-3

7,3,0 = 12.39
 7,3,1 = 12.39
 7,3,2 = 12.39
 7,3,3 = 12.39
 7,3,4 = 12.72
 7,3,5 = 13.31
 7,3,6 = 13.80
 7,3,7 = 14.45
 7,3,8 = 14.94
 7,3,9 = 15.26
 7,3,10 = 15.26
 7,3,11 = 15.26
 7,3,12 = 15.26

****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 3 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 8 : Beton k-225 di Bawah Air *****

****Alternatif sumber daya ke-1

8,1,0 = 12.80
 8,1,1 = 12.80
 8,1,2 = 12.80

10,3,0 = 19.48
10,3,1 = 19.48
10,3,2 = 19.48
10,3,3 = 19.48
10,3,4 = 19.75
10,3,5 = 20.26
10,3,6 = 20.80
10,3,7 = 21.32
10,3,8 = 21.93
10,3,9 = 22.27
10,3,10 = 22.27
10,3,11 = 22.27
10,3,12 = 22.27

****Alternatif sumber daya ke-4

10,4,0 = 18.99
10,4,1 = 18.99
10,4,2 = 18.99
10,4,3 = 18.99
10,4,4 = 19.31
10,4,5 = 19.92
10,4,6 = 20.57
10,4,7 = 21.20
10,4,8 = 21.93
10,4,9 = 22.34
10,4,10 = 22.34
10,4,11 = 22.34
10,4,12 = 22.34

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 11 : Beton Cyclop K-175 pd. Pondasi *****

****Alternatif sumber daya ke-1

11,1,0 = 19.31
11,1,1 = 19.31
11,1,2 = 19.31
11,1,3 = 19.31
11,1,4 = 20.78
11,1,5 = 23.66
11,1,6 = 26.68
11,1,7 = 29.75
11,1,8 = 32.58
11,1,9 = 34.05
11,1,10 = 34.05
11,1,11 = 34.05
11,1,12 = 34.05

****Alternatif sumber daya ke-2

11,2,0 = 19.31
11,2,1 = 19.31
11,2,2 = 19.31
11,2,3 = 19.31
11,2,4 = 20.67
11,2,5 = 23.33
11,2,6 = 26.13
11,2,7 = 28.96
11,2,8 = 31.58
11,2,9 = 32.95
11,2,10 = 32.95
11,2,11 = 32.95
11,2,12 = 32.95

****Alternatif sumber daya ke-3

11,3,0 = 19.31
11,3,1 = 19.31
11,3,2 = 19.31
11,3,3 = 19.31

11,3,4 = 20.55
 11,3,5 = 22.97
 11,3,6 = 25.51
 11,3,7 = 28.09
 11,3,8 = 30.47
 11,3,9 = 31.71
 11,3,10 = 31.71
 11,3,11 = 31.71
 11,3,12 = 31.71

****Alternatif sumber daya ke-4

11,4,0 = 19.31
 11,4,1 = 19.31
 11,4,2 = 19.31
 11,4,3 = 19.31
 11,4,4 = 20.50
 11,4,5 = 22.81
 11,4,6 = 25.24
 11,4,7 = 27.70
 11,4,8 = 29.98
 11,4,9 = 31.17
 11,4,10 = 31.17
 11,4,11 = 31.17
 11,4,12 = 31.17

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 12 : Beton K-175 *****

****Alternatif sumber daya ke-1

12,1,0 = 28.85
 12,1,1 = 28.85
 12,1,2 = 28.85
 12,1,3 = 28.85
 12,1,4 = 29.17
 12,1,5 = 29.75
 12,1,6 = 30.27
 12,1,7 = 30.65
 12,1,8 = 31.17
 12,1,9 = 31.43
 12,1,10 = 31.43
 12,1,11 = 31.43
 12,1,12 = 31.43

****Alternatif sumber daya ke-2

12,2,0 = 28.64
 12,2,1 = 28.64
 12,2,2 = 28.64
 12,2,3 = 28.64
 12,2,4 = 28.99
 12,2,5 = 29.62
 12,2,6 = 30.19
 12,2,7 = 30.61
 12,2,8 = 31.17
 12,2,9 = 31.45
 12,2,10 = 31.45
 12,2,11 = 31.45
 12,2,12 = 31.45

****Alternatif sumber daya ke-3

12,3,0 = 28.30
 12,3,1 = 28.30
 12,3,2 = 28.30
 12,3,3 = 28.30
 12,3,4 = 28.70
 12,3,5 = 29.42
 12,3,6 = 30.06
 12,3,7 = 30.53

12,3,8 = 31.17
 12,3,9 = 31.49
 12,3,10 = 31.49
 12,3,11 = 31.49
 12,3,12 = 31.49

****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 13 : Pembesian Tulangan Polos *****

****Alternatif sumber daya ke-1

13,1,0 = 28.95
 13,1,1 = 28.95
 13,1,2 = 28.95
 13,1,3 = 28.95
 13,1,4 = 29.42
 13,1,5 = 30.36
 13,1,6 = 31.31
 13,1,7 = 32.31
 13,1,8 = 33.20
 13,1,9 = 33.67
 13,1,10 = 33.67
 13,1,11 = 33.67
 13,1,12 = 33.67

****Alternatif sumber daya ke-2

13,2,0 = 28.98
 13,2,1 = 28.98
 13,2,2 = 28.98
 13,2,3 = 28.98
 13,2,4 = 29.42
 13,2,5 = 30.31
 13,2,6 = 31.19
 13,2,7 = 32.13
 13,2,8 = 32.96
 13,2,9 = 33.40
 13,2,10 = 33.40
 13,2,11 = 33.40
 13,2,12 = 33.40

****Alternatif sumber daya ke-3

13,3,0 = 29.00
 13,3,1 = 29.00
 13,3,2 = 29.00
 13,3,3 = 29.00
 13,3,4 = 29.42
 13,3,5 = 30.25
 13,3,6 = 31.09
 13,3,7 = 31.97
 13,3,8 = 32.75
 13,3,9 = 33.17
 13,3,10 = 33.17
 13,3,11 = 33.17
 13,3,12 = 33.17

****Alternatif sumber daya ke-4

13,4,0 = 29.02
 13,4,1 = 29.02
 13,4,2 = 29.02
 13,4,3 = 29.02
 13,4,4 = 29.42
 13,4,5 = 30.21
 13,4,6 = 30.99
 13,4,7 = 31.83
 13,4,8 = 32.57
 13,4,9 = 32.96
 13,4,10 = 32.96

13,4,11 = 32.96
13,4,12 = 32.96

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

```
*****
***** KEGIATAN 14 : Pembesian Tulangan Ulir *****
*****
****Alternatif sumber daya ke-1
14,1,0 = 29.42
14,1,1 = 29.42
14,1,2 = 29.42
14,1,3 = 29.42
14,1,4 = 31.25
14,1,5 = 34.90
14,1,6 = 38.56
14,1,7 = 42.22
14,1,8 = 45.87
14,1,9 = 47.70
14,1,10 = 47.70
14,1,11 = 47.70
14,1,12 = 47.70
****Alternatif sumber daya ke-2
14,2,0 = 29.42
14,2,1 = 29.42
14,2,2 = 29.42
14,2,3 = 29.42
14,2,4 = 30.98
14,2,5 = 34.12
14,2,6 = 37.25
14,2,7 = 40.39
14,2,8 = 43.52
14,2,9 = 45.09
14,2,10 = 45.09
14,2,11 = 45.09
14,2,12 = 45.09
****Alternatif sumber daya ke-3
14,3,0 = 29.42
14,3,1 = 29.42
14,3,2 = 29.42
14,3,3 = 29.42
14,3,4 = 30.79
14,3,5 = 33.53
14,3,6 = 36.27
14,3,7 = 39.02
14,3,8 = 41.76
14,3,9 = 43.13
14,3,10 = 43.13
14,3,11 = 43.13
14,3,12 = 43.13
****Alternatif sumber daya ke-4
14,4,0 = 29.42
14,4,1 = 29.42
14,4,2 = 29.42
14,4,3 = 29.42
14,4,4 = 30.56
14,4,5 = 33.16
14,4,6 = 35.65
14,4,7 = 38.14
14,4,8 = 40.64
14,4,9 = 41.88
14,4,10 = 41.88
14,4,11 = 41.88
14,4,12 = 41.88
```

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

```

*****
***** KEGIATAN 15 : Beton Pracetak T.Pancang Terpasang *****
*****
****Alternatif sumber daya ke-1
15,1,0 = 30.66
15,1,1 = 30.66
15,1,2 = 30.66
15,1,3 = 30.66
15,1,4 = 54.47
15,1,5 = 108.05
15,1,6 = 179.47
15,1,7 = 250.90
15,1,8 = 322.33
15,1,9 = 375.90
15,1,10 = 375.90
15,1,11 = 375.90
15,1,12 = 375.90
****Alternatif sumber daya ke-2
15,2,0 = 30.66
15,2,1 = 30.66
15,2,2 = 30.66
15,2,3 = 30.66
15,2,4 = 35.43
15,2,5 = 46.14
15,2,6 = 60.43
15,2,7 = 74.71
15,2,8 = 89.00
15,2,9 = 99.71
15,2,10 = 99.71
15,2,11 = 99.71
15,2,12 = 99.71
****Alternatif sumber daya ke-3
15,3,0 = 30.66
15,3,1 = 30.66
15,3,2 = 30.66
15,3,3 = 30.66
15,3,4 = 34.53
15,3,5 = 43.21
15,3,6 = 54.80
15,3,7 = 66.38
15,3,8 = 77.96
15,3,9 = 86.65
15,3,10 = 86.65
15,3,11 = 86.65
15,3,12 = 86.65
****Alternatif sumber daya ke-4
15,4,0 = 30.66
15,4,1 = 30.66
15,4,2 = 30.66
15,4,3 = 30.66
15,4,4 = 33.84
15,4,5 = 40.98
15,4,6 = 50.51
15,4,7 = 60.03
15,4,8 = 69.55
15,4,9 = 76.70
15,4,10 = 76.70
15,4,11 = 76.70
15,4,12 = 76.70

```

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

```

*****
***** KEGIATAN 16 : Pasangan Batu *****
*****

```

```

****Alternatif sumber daya ke-1
16,1,0 = 67.27
*** KE 16,1,1 = 68.23
***** 16,1,2 = 69.62
Altern 16,1,3 = 70.87
0 = 7 16,1,4 = 72.66
1 = 7 16,1,5 = 73.66
2 = 7 16,1,6 = 74.70
3 = 7 16,1,7 = 75.66
4 = 7 16,1,8 = 76.70
5 = 7 16,1,9 = 78.09
6 = 8 16,1,10 = 79.30
7 = 8 16,1,11 = 80.62
8 = 8 16,1,12 = 81.37
9 = 8

```

```

****Alternatif sumber daya ke-2
10 = 16,2,0 = 70.41
11 = 16,2,1 = 71.05
12 = 16,2,2 = 71.98
Alter 16,2,3 = 72.81
0 = . 16,2,4 = 74.01
1 = . 16,2,5 = 74.67
2 = . 16,2,6 = 75.36
3 = . 16,2,7 = 76.01
4 = . 16,2,8 = 76.70
5 = . 16,2,9 = 77.62
6 = { 16,2,10 = 78.43
7 = { 16,2,11 = 79.31
8 = { 16,2,12 = 79.81
9 = {

```

```

****Alternatif sumber daya ke-3
10 = 16,3,0 = 71.98
11 = 16,3,1 = 72.46
12 = 16,3,2 = 73.16
Altern 16,3,3 = 73.79
Altern 16,3,4 = 74.68
RNATIV 16,3,5 = 75.18
16,3,6 = 75.70
16,3,7 = 76.18
***** 16,3,8 = 76.70
*** KE 16,3,9 = 77.39
***** 16,3,10 = 78.00
Altern 16,3,11 = 78.66
0 = 8 16,3,12 = 79.04
1 = 8
2 = 8
3 = 8
4 = 8
5 = 8
6 = 8
7 = 8
8 = 8
9 = 8

```

****Alternatif sumber daya ke-4
 ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 3 YANG DIPILIH

 ***** KEGIATAN 17 : Pipa Galvaniz Dia. 3" *****

```

****Alternatif sumber daya ke-1
9 = 8 17,1,0 = 75.25
10 = 17,1,1 = 75.25
11 = 17,1,2 = 75.25
12 = 17,1,3 = 75.25
Altern 17,1,4 = 75.49
0 = 7 17,1,5 = 75.96
1 = 7 17,1,6 = 76.44
2 = 7 17,1,7 = 76.92
3 = 7 17,1,8 = 77.39
4 = 7 17,1,9 = 77.63
5 = 8 17,1,10 = 77.63
6 = 8 17,1,11 = 77.63
7 = 8 17,1,12 = 77.63
8 = 8
9 = 9

```

```

****Alternatif sumber daya ke-2
10 = 17,2,0 = 74.01
11 = 17,2,1 = 74.01
12 =

```

```

6,2,
6,2, 4,2,5 = 12.27
6,2, 4,2,6 = 12.27
6,2, ****Alternatif sumber daya ke-3
6,2, 4,3,0 = 5.66
**** 4,3,1 = 5.66
6,3, 4,3,2 = 6.57
6,3, 4,3,3 = 10.00
6,3, 4,3,4 = 13.41
6,3, 4,3,5 = 14.26
6,3, 4,3,6 = 14.26
6,3, ****Alternatif sumber daya ke-4
6,3,
**** ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH
6,4,
6,4, *****
6,4, ***** KEGIATAN 5 : Galian Konst. > 4 m *****
6,4, *****
6,4, ****Alternatif sumber daya ke-1
6,4, 5,1,0 = 8.20
6,4, 5,1,1 = 8.20
    5,1,2 = 9.00
ALT  5,1,3 = 12.24
    5,1,4 = 15.45
    *** 5,1,5 = 16.25
    *** 5,1,6 = 16.25
    *** ****Alternatif sumber daya ke-2
    *** 5,2,0 = 8.33
7,1, 5,2,1 = 8.33
7,1, 5,2,2 = 9.00
7,1, 5,2,3 = 11.70
7,1, 5,2,4 = 14.37
7,1, 5,2,5 = 15.05
7,1, 5,2,6 = 15.05
7,1, ****Alternatif sumber daya ke-3
****: 5,3,0 = 8.60
7,2, 5,3,1 = 8.60
7,2, 5,3,2 = 9.20
7,2, 5,3,3 = 11.62
7,2, 5,3,4 = 14.03
7,2, 5,3,5 = 14.64
7,2, 5,3,6 = 14.64
7,2, ****Alternatif sumber daya ke-4
****: 5,4,0 = 8.87
7,3, 5,4,1 = 8.87
7,3, 5,4,2 = 9.42
7,3, 5,4,3 = 11.62
7,3, 5,4,4 = 13.81
7,3, 5,4,5 = 14.36
7,3, 5,4,6 = 14.36
7,3,
**** ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH
e: ALTI *****
Di ***** KEGIATAN 6 : Beton K-350 pd Elevasi *****
*: *****
*: *****Alternatif sumber daya ke-1
*: *****
*: 6,1,0 = 11.06
*: 6,1,1 = 11.06
e: 8,1, 6,1,2 = 11.62
e: 8,1, 6,1,3 = 13.89
8,1, 6,1,4 = 16.16
8,1, 6,1,5 = 16.72
8,1, 6,1,6 = 16.72
8,1, ****Alternatif sumber daya ke-2
8,1, 6,2,0 = 11.01
**** 6,2,1 = 11.01
er 8,2,

```

0 = 33.4 10,2,0 = 23.90
 1 = 33.5 10,2,1 = 23.90
 2 = 33.8 10,2,2 = 24.14
 3 = 34.8 10,2,3 = 25.06
 4 = 35.7 10,2,4 = 26.06
 5 = 35.9 10,2,5 = 26.36
 6 = 35.9 10,2,6 = 26.36

Alternatif ****Alternatif sumber daya ke-3

0 = 33.3 10,3,0 = 23.75
 1 = 33.3 10,3,1 = 23.75
 2 = 33.6 10,3,2 = 24.01
 3 = 34.7 10,3,3 = 25.06
 4 = 35.7 10,3,4 = 26.19
 5 = 36.0 10,3,5 = 26.53
 6 = 36.0 10,3,6 = 26.53

Alternatif ****Alternatif sumber daya ke-4

0 = 32.9 10,4,0 = 23.49
 1 = 32.9 10,4,1 = 23.49
 2 = 33. 10,4,2 = 23.81
 3 = 34. 10,4,3 = 25.06
 4 = 35. 10,4,4 = 26.42
 5 = 36. 10,4,5 = 26.83
 6 = 36. 10,4,6 = 26.83

Alternatif

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

ALTERNATIVE :

***** KEGIATAN 11 : Beton Cyclop K-175 pd Pondasi *****

****Alternatif sumber daya ke-1

Alternatif 11,1,0 = 23.81
 0 = 34.1 11,1,1 = 23.81
 1 = 34.1 11,1,2 = 25.28
 2 = 34.6 11,1,3 = 31.18
 3 = 36.5 11,1,4 = 37.07
 4 = 38.3 11,1,5 = 38.55
 5 = 38.8 11,1,6 = 38.55

****Alternatif sumber daya ke-2

Alternatif 11,2,0 = 23.81
 0 = 34.1 11,2,1 = 23.81
 1 = 34.1 11,2,2 = 25.17
 2 = 34.6 11,2,3 = 30.62
 3 = 36.3 11,2,4 = 36.08
 4 = 38.1 11,2,5 = 37.44
 5 = 38.6 11,2,6 = 37.44

****Alternatif sumber daya ke-3

Alternatif 11,3,0 = 23.82
 0 = 34.2 11,3,1 = 23.82
 1 = 34.2 11,3,2 = 25.06
 2 = 34.6 11,3,3 = 30.02
 3 = 36.2 11,3,4 = 34.98
 4 = 37.9 11,3,5 = 36.22
 5 = 38.3 11,3,6 = 36.22

****Alternatif sumber daya ke-4

Alternatif 11,4,0 = 23.88
 0 = 34.2 11,4,1 = 23.88
 1 = 34.2 11,4,2 = 25.06
 2 = 34.6 11,4,3 = 29.80
 3 = 36.1 11,4,4 = 34.55
 4 = 37.7 11,4,5 = 35.73
 5 = 38.1 11,4,6 = 35.73

Alternatif

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

ALTERNATIVE S

***** KEGIATAN 12 : Beton K-175 *****

****Alternatif sumber daya ke-1

15,4,5 = 84.03
15,4,6 = 84.03

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 4 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 16 : Pasangan Batu *****

****Alternatif sumber daya ke-1
16,1,0 = 74.71
16,1,1 = 77.03
16,1,2 = 80.03
16,1,3 = 82.03
16,1,4 = 84.03
16,1,5 = 86.60
16,1,6 = 88.64
****Alternatif sumber daya ke-2
16,2,0 = 77.82
16,2,1 = 79.36
16,2,2 = 81.36
16,2,3 = 82.70
16,2,4 = 84.03
16,2,5 = 85.75
16,2,6 = 87.10
****Alternatif sumber daya ke-3
16,3,0 = 79.37
16,3,1 = 80.53
16,3,2 = 82.03
16,3,3 = 83.03
16,3,4 = 84.03
16,3,5 = 85.32
16,3,6 = 86.33
****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 3 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 17 : Pipa Besi Galvaniz Dia.3" *****

****Alternatif sumber daya ke-1
17,1,0 = 83.17
17,1,1 = 83.17
17,1,2 = 83.41
17,1,3 = 84.36
17,1,4 = 85.32
17,1,5 = 85.55
17,1,6 = 85.55
****Alternatif sumber daya ke-2
17,2,0 = 81.98
17,2,1 = 81.98
17,2,2 = 82.70
17,2,3 = 85.55
17,2,4 = 88.41
17,2,5 = 89.13
17,2,6 = 89.13
****Alternatif sumber daya ke-3
****Alternatif sumber daya ke-4

ALTERNATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

***** KEGIATAN 18 : Pipa Besi Galvaniz Dia.4" *****

****Alternatif sumber daya ke-1
18,1,0 = 84.70
18,1,1 = 84.70
18,1,2 = 85.55
18,1,3 = 89.36

3.17
 4.22
 4.22
 atif sumber daya ke-2
 4.91
 4.91
 5.55
 8.41
 1.27
 2.05
 2.05
 atif sumber daya ke-3
 5.61
 5.61
 6.13
 8.41
 10.70
 11.33
 11.33
 atif sumber daya ke-4

VE SUMBER DAYA KE 3 YANG DIPILIH

 UGIATAN 19 : Besi Siku 50x50x4 mm *****

 atif sumber daya ke-1
 38.73
 38.73
 39.13
 40.70
 42.27
 42.66
 42.66
 atif sumber daya ke-2
 37.63
 37.63
 38.41
 41.55
 44.70
 45.48
 45.48
 atif sumber daya ke-3
 atif sumber daya ke-4

VE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

 UGIATAN 20 : Expantion Joint *****

 atif sumber daya ke-1
 92.73
 92.73
 93.13
 94.70
 96.27
 96.66
 96.66
 atif sumber daya ke-2
 90.77
 90.77
 91.55
 94.70
 97.84
 98.63
 98.63
 atif sumber daya ke-3
 atif sumber daya ke-4

NATIVE SUMBER DAYA KE 1 YANG DIPILIH

Lampiran 51