

**PENERAPAN *CRITICAL PATH METHOD*
DALAM PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK GUNA
MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK
(Studi Kasus Pada Proyek Jaringan Air Limbah DSDP Denpasar)**

**SKRIPSI
Konsentrasi Manajemen Industri**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh:

**L. RANI ESI HAPSARI
NIM. 0510670033 - 62**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**



**PENERAPAN *CRITICAL PATH METHOD*
DALAM PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK GUNA
MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK
(Studi Kasus Pada Proyek Jaringan Air Limbah DSDP Denpasar)**

SKRIPSI
Konsentrasi Manajemen Industri

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik

Disusun oleh :

L. RANI ESI HAPSARI
NIM. 0510670033 - 62



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Purnomo Budi Santoso., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19530113 198303 1 003

Hary Sudjono, S.Si., MT.
NIP. 19740406 200604 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN *CRITICAL PATH METHOD*
DALAM PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK
GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK
(Studi Kasus Pada Proyek Jaringan Air Limbah DSDP Denpasar)**

SKRIPSI

Konsentrasi Manajemen Industri

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik

Disusun oleh :

L. RANI ESI HAPSARI

NIM. 0510670033 - 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 26 November 2009

Skripsi I

Skripsi II

Ir. Moch.Choiri, MT.
NIP. 19540104 198602 1 001

Taufiq Basiry Tuhepalv, ST., MT.
NIP. 19700306 199512 1 001

Komprehensif

Ir. Bambang Indrayadi, MT.
NIP. 19600905 198701 1 001

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Industri

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Adapun judul yang penulis ambil adalah “PENERAPAN CRITICAL PATH METHOD DALAM PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA”

Pada kesempatan ini, penulis sampaikan rasa terimakasih yang amat mendalam kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan maupun motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar. Dengan penuh kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Ayahanda, Ibunda dan Adik tercinta, terimakasih atas segala doa, dukungan serta motivasi yang telah diberikan selama ini.
2. Dr. Slamet Wahyudi,ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Nasir Widha Setyanto,ST.,MT. selaku Plh. Program Studi Teknik Industri.
4. Dra. Murti Astuti, MSIE. Selaku KKDK Konsentrasi Manajemen Industri dan sebagai dosen wali penulis.
5. Bpk. Purnomo Budi Santoso, Ir.,M.Sc.,Ph.D. selaku dosen Pembimbing I dan Bpk. Hary Sudjono,S.Si.,MT. selaku dosen pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingan, masukan serta arahan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Teknik Industri dan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah dengan setia membimbing mahasiswanya.
7. Budiono, ST selaku kepala proyek beserta seluruh karyawan dan staf manajemen yang telah membantu dalam pengumpulan data.
8. Teman-teman Teknik Industri 2005 dan semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi siapapun yang membacanya.

Malang, November 2009

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan konstruksi pada umumnya selalu menerapkan konsep manajemen proyek dalam setiap pengerjaan proyek. Hal tersebut perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal dan waktu penyelesaian yang tepat dan akurat. Untuk itu, diperlukan adanya suatu perencanaan dan penjadwalan yang matang agar tujuan tersebut dapat tercapai. Perencanaan dan penjadwalan proyek meliputi perencanaan waktu proyek, jumlah sumber daya yang diperlukan serta biaya proyek. Perencanaan dan penjadwalan proyek yang tepat akan menentukan kelancaran kerja pada sistem yang ada.

PT. X merupakan salah satu perusahaan jasa yang mengkhususkan dalam bidang konstruksi. Dimana pada perusahaan tersebut salah satunya adalah menerima pekerjaan perencanaan, perancangan dan konstruksi bangunan. Pihak pemesan biasanya berasal dari berbagai macam perusahaan ataupun instansi pemerintah. Salah satu proyek yang ditangani adalah proyek pembangunan jaringan air limbah di Denpasar yang lebih dikenal dengan *Denpasar Sewerage Development Project* (DSDP). *Denpasar Sewerage Development Project* (DSDP) adalah proyek pembangunan jaringan limbah cair untuk kota Denpasar. Studi kelayakan proyek ini mulai dibuat sejak tahun 1993, *Detail Engineering Design* mulai dibuat tahun 1997 dan masa konstruksi (tahap I) mulai tahun 2003. Wilayah yang dikerjakan meliputi Kota Denpasar, Sanur dan Kuta (Seminyak dan Legian). Sedangkan untuk wilayah kelurahan Kuta belum dilaksanakan karena penolakan sebagian besar masyarakat. Ide pembangunan DSDP didasari pencemaran perairan Teluk Benoa yang ditindaklanjuti dengan studi *masterplan* Japan International Cooperation Agency (JICA) yang dilakukan pada 1991-1992.

Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) dibangun untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan perairan (pantai, sungai dan air tanah) serta untuk meningkatkan citra pariwisata Bali di dunia internasional. Pasalnya, Bali bisa menjadi daerah yang bersih dari limbah dan nyaman untuk tinggal bagi para turis. Instalasi Pengolahan Air Limbah dapat mengurangi tingkat pencemaran sampah ke pantai dan laut. Saat ini tingkat pencemaran pantai dan laut per harinya mencapai 128 ton. Dengan pengoperasian instalasi DSDP, pencemaran per harinya dapat diturunkan

menjadi 106 ton. DSDP akan meningkatkan pendapatan Bali dari sektor pariwisata. Berdasarkan hasil studi kelayakan proyek DSDP, pendapatan pulau dewata pada 2009 akan meningkat menjadi Rp 706,478 miliar dengan adanya DSDP. Sementara tanpa adanya DSDP tersebut pendapatan diprediksi hanya Rp 313,99 miliar (www.lintasdaerah.com). Pada kasus studi pembangunan jaringan air limbah DSDP ini, ada keinginan *owner* proyek untuk mempercepat waktu penyelesaian lebih awal dari waktu yang telah ditetapkan. Sebagai bagian dari fasilitas umum, dalam pelaksanaan pembangunannya membutuhkan waktu penyelesaian yang lebih cepat agar sistem jaringan pengolahan air limbah tersebut dapat secepatnya difungsikan.

Pada saat ini PT. X masih menggunakan *bar-chart* atau diagram balok yang diselesaikan secara manual untuk perencanaan dan penjadwalan kerja proyeknya. *Bar-chart* ini pada dasarnya hanya merupakan gambaran grafis, karena itu *bar-chart* lebih merupakan alat ilustrasi daripada sebagai alat perencanaan. Bagi proyek berskala besar, dimana jumlah aktivitas yang mencapai ratusan, membutuhkan waktu yang cukup lama serta kompleksitas proyek yang tinggi, cara tersebut dinilai kurang praktis karena *bar-chart* tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek. Hal ini perlu perbaikan dengan metode yang sesuai dan lebih baik daripada metode sebelumnya yang mampu memproses data dan melakukan perhitungan-perhitungan dalam jumlah besar, cepat dan akurat.

Mengingat cukup pentingnya masalah penjadwalan, maka perlu adanya teori kuantitatif yang benar-benar memberikan kontribusi jadwal kerja yang optimal. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk membantu dalam penjadwalan proyek ini adalah dengan mengaplikasikan CPM atau metode jalur kritis dengan melakukan percepatan (*crash*) atau kompresi waktu pada aktivitas yang berada dalam jalur kritis dan melakukan pertukaran waktu dan biaya (*Time Cost Trade Off*). Metode ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan hubungan yang kompleks dalam masalah desain, *engineering*, konstruksi, dan pemeliharaan. Metode ini menekankan untuk meminimalkan biaya dalam hubungannya dengan kurun waktu penyelesaian suatu kegiatan. Dengan adanya metode ini manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

Metode CPM memiliki keunggulan dibandingkan metode *Bar-Chart*, yaitu menampilkan aktivitas-aktivitas kritis sehingga memudahkan proses *monitoring* dan *controlling* di lapangan. Penggunaan metode CPM menjadi lebih efektif dan efisien dengan penggunaan program *Microsoft project*. *Microsoft project* adalah program pengolah lembar kerja untuk manajemen proyek yang didesain untuk membantu manajer proyek untuk mengembangkan jadwal, mengalokasikan sumberdaya, mengatur anggaran proyek serta menganalisis beban kerja. *Microsoft project* membantu proses perencanaan, pengorganisasian dan pengendalian proyek agar lebih mudah dan dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

Mengingat semua faktor diatas, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut dibidang manajemen proyek agar penjadwalan dan pengendalian proyek dapat memenuhi sasaran dan target waktu yang telah ditentukan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Perlunya penjadwalan kembali dengan mempertimbangkan waktu dan biaya proyek untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan peningkatan biaya proyek yang optimal.
2. Penggunaan *bar-chart* dalam menyusun penjadwalan kerja serta pengolahan data menggunakan cara manual dirasa masih kurang efektif untuk menghasilkan penjadwalan proyek yang optimal.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada paparan latar belakang penelitian tersebut di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti meliputi:

1. Bagaimana menentukan waktu penyelesaian proyek yang optimal?
2. Bagaimana menentukan biaya yang optimal sebagai akibat mempersingkat waktu penyelesaian proyek?

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan dengan tujuan agar pokok masalah yang diteliti tidak melebar dari topik yang telah ditentukan. Oleh karena itu dalam penyusunan skripsi ini masalah yang telah diidentifikasi dibatasi pada:

1. Masalah penjadwalan hanya dibatasi pada proyek pembangunan jaringan air limbah DSDP kota Denpasar
2. Perkiraan waktu penyelesaian tiap aktivitas yang digunakan pada penjadwalan proyek ini menggunakan jenis *single duration estimate* (perkiraan waktu tunggal untuk setiap aktivitas)
3. Biaya yang diperhitungkan adalah biaya langsung dan tidak langsung

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi mesin dan peralatan dalam keadaan layak pakai
2. Kondisi alam dan lingkungan baik
3. Kemampuan operator sudah memenuhi standard (terlatih)
4. Sumber daya selalu tersedia dalam jumlah yang cukup

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan di atas maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa kurun waktu tersingkat dari seluruh kegiatan untuk mendapatkan jadwal proyek yang optimal
2. Menentukan biaya proyek yang optimal sebagai akibat mempersingkat waktu proyek

1.7 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan masukan dan pengetahuan yang bermanfaat, baik bagi perusahaan, penulis, ataupun pihak terkait lainnya, antara lain:

1. Bagi perusahaan

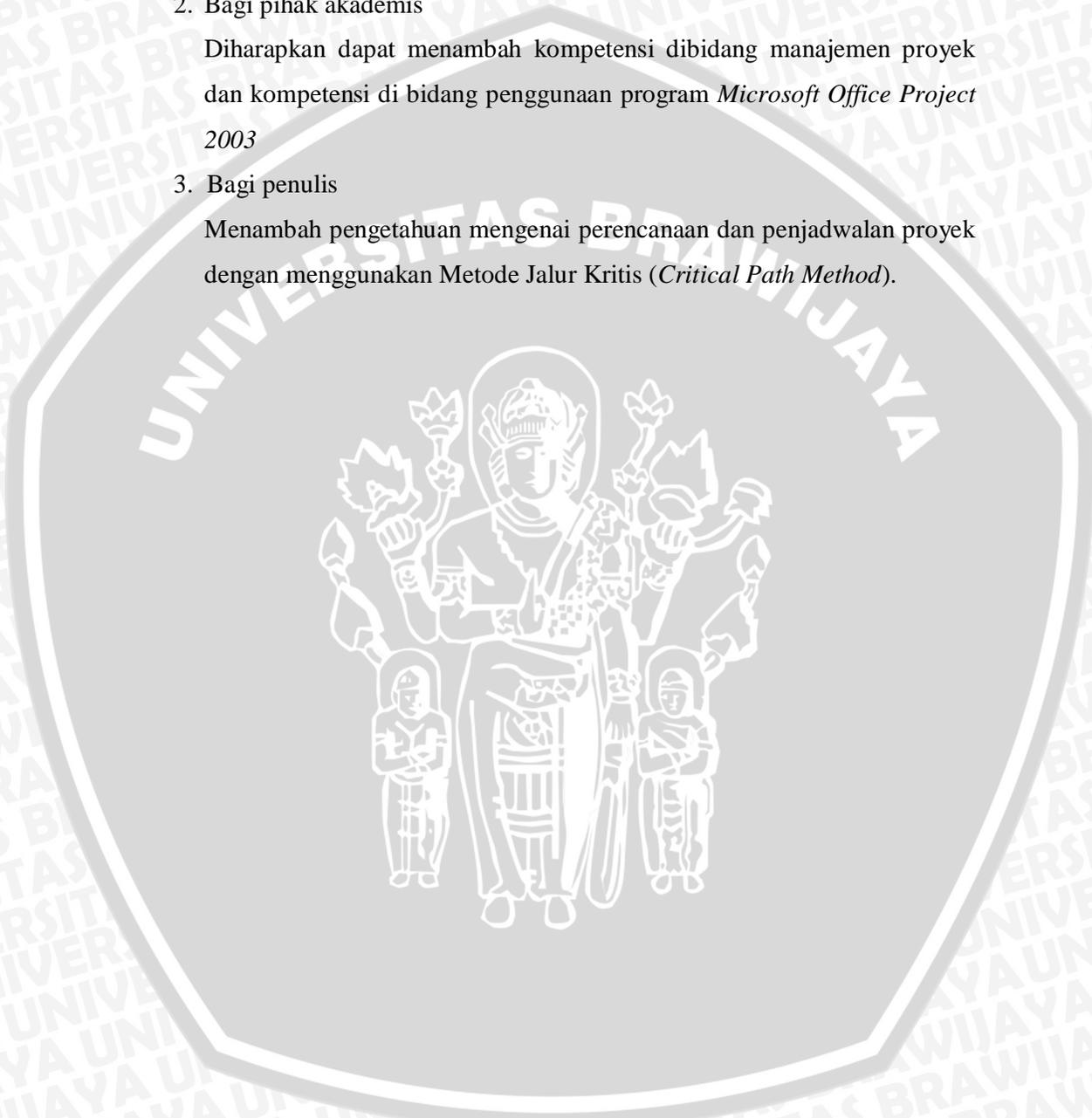
Sebagai bahan pertimbangan untuk mengambil kebijakan dalam aktivitas produksi terutama dalam menyusun perencanaan penyelesaian suatu proyek agar dapat dicapai efisiensi proyek.

2. Bagi pihak akademis

Diharapkan dapat menambah kompetensi dibidang manajemen proyek dan kompetensi di bidang penggunaan program *Microsoft Office Project 2003*

3. Bagi penulis

Menambah pengetahuan mengenai perencanaan dan penjadwalan proyek dengan menggunakan Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengantar

Tinjauan pustaka dimaksudkan untuk memberi landasan teoritis bagi riset dan pengembangan yang sedang dilakukan. Berbagai sumber pustaka baik yang berasal dari perpustakaan dan internet digunakan sebagai bahan dalam bab ini. Pembahasan yang melandasi penulisan skripsi ini dimulai dengan penjelasan mengenai profil dan dinamika proyek serta definisi manajemen proyek. Proses penjadwalan diawali dengan perencanaan jaringan kerja (*network planning*) serta menetapkan deskripsi tiap aktivitas dalam proyek yang kemudian keterkaitan antar aktivitas tersebut digambarkan dalam suatu *network diagram*. Pembahasan dilanjutkan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Critical Path Method* serta analisa waktu penyelesaian proyek. Untuk keperluan membuat jadwal proyek yang optimal, pembahasan selanjutnya adalah mengenai biaya proyek, analisa hubungan antara biaya dan waktu, langkah-langkah dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek serta alokasi sumberdaya. Pada bab ini juga dijelaskan mengenai perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam perencanaan dan penjadwalan waktu proyek dengan menggunakan metode jalur kritis (*Critical Path Method*) yang dijadikan referensi dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

Penelitian Mokhamad Asrori (2006) Perencanaan dan penjadwalan kerja guna meminimalkan waktu dan biaya pada pemasangan instalasi *GSM indoor solution* dengan metode jalur kritis (*Critical Path Method*) di PT. MAC SARANA DJAYA JAKARTA. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu pengerjaan dan biaya proyek yang paling efisien dengan menggunakan metode jalur kritis (CPM). Dengan menerapkan metode CPM akan menghasilkan pengerjaan proyek yang lebih singkat dengan memperhatikan percepatan pada masing-masing aktivitas dalam proses proyek tersebut. Percepatan dilakukan dengan mengadakan penambahan biaya pada tenaga kerja yang disesuaikan dengan volume pekerjaan sesuai dengan analisa teknis tiap aktivitas yang dilakukan. Dengan mempercepat suatu aktivitas proyek maka akan

terjadi penambahan biaya pada biaya langsung tetapi akan terjadi pengurangan pada biaya tak langsung sehingga total biaya suatu proyek akan didapatkan hasil yang paling efisien dan efektif..

Agus Somantri (2005) Studi tentang perencanaan waktu dan biaya proyek penambahan ruang kelas di Politeknik Manufaktur pada PT. Haryang Kuning. Perusahaan dalam menjalankan proyeknya seringkali mengalami kesulitan atau kendala-kendala seperti faktor cuaca, ketersediaan bahan baku, semangat kerja dan komunikasi. Oleh karena itu perusahaan selaku pelaksana proyek harus mampu mengadakan perencanaan yang tepat agar dalam pelaksanaan aktivitas proyek dapat diselesaikan tepat waktu dan dengan biaya yang tepat pula. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perencanaan waktu dan biaya proyek penambahan ruang kelas di Politeknik manufaktur serta mengetahui masalah-masalah yang dihadapi dalam perencanaan waktu dan biaya proyek . Penelitian ini menggunakan *network planning* dengan metode *Critical Path Method* (CPM) yang merupakan salah satu teknik manajemen yang dapat digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan pelaksanaan suatu proyek, yang memperlihatkan kurun waktu pelaksanaan aktivitas serta memperlihatkan hubungan antar aktivitas.

2.3 Profil dan Dinamika Proyek

Aktivitas proyek dapat diartikan sebagai satu aktivitas sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan jelas. (Soeharto,1997:1). Sehingga dari pengertian proyek diatas terlihat bahwa ciri pokok proyek adalah:

1. Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir;
2. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan di atas telah ditentukan;
3. Bersifat sementara, dalam arti waktu penyelesaiannya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas;
4. Nonrutin, tidak berulang-ulang. Jenis dan intensitas aktivitas berubah sepanjang proyek berlangsung.

Di dalam proses mencapai tujuan tersebut telah ditentukan batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan diatas disebut tiga kendala (*triple constraint*), yaitu:

1. Anggaran

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

2. Jadwal

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

3. Mutu

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

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik-menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan menaikkan mutu, yang selanjutnya berakibat pada naiknya biaya melebihi anggaran. Sebaliknya bila ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu atau jadwal. Dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek dikaitkan dengan sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi.

Dilihat dari komponen kegiatan utamanya, macam proyek dapat dikelompokkan sebagai berikut (Soeharto,1997:4)

1. Proyek *Engineering* – Konstruksi

Komponen utamanya jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, dan konstruksi. Contoh proyek macam ini adalah pembangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan raya, fasilitas industri.

2. Proyek *Engineering* – Manufaktur

Proyek ini dimaksudkan untuk menghasilkan produk baru. Jadi, produk tersebut adalah hasil usaha kegiatan proyek. Dengan kata lain, proyek manufaktur merupakan proses menghasilkan produk baru. Kegiatan utamanya meliputi desain–*engineering*, pengembangan produk (*product development*), pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan. Contoh untuk ini adalah pembuatan ketel uap, generator listrik, mesin pabrik, kendaraan. Bila kegiatan manufaktur dilakukan berulang-ulang, rutin, dan menghasilkan produk yang sama dengan terdahulu, maka kegiatan ini tidak lagi diklasifikasikan sebagai proyek.

3. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Proyek penelitian dan pengembangan (*research and development*) bertujuan melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu. Dalam mengejar hasil akhir, proyek ini seringkali menempuh proses yang berubah-ubah, demikian pula dengan lingkup kerjanya. Agar tidak melebihi anggaran atau jadwal secara substansial maka perlu diberi batasan yang ketat perihal masalah tersebut.

4. Proyek Pelayanan Manajemen

Banyak perusahaan memerlukan proyek macam ini. Diantaranya yaitu merancang sistem informasi manajemen yang meliputi perangkat lunak maupun perangkat keras, merancang program efisiensi dan penghematan, melakukan diversifikasi, penggabungan dan pengambil alihan. Proyek tersebut tidak membuahkan hasil dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir.

5. Proyek Kapital

Berbagai badan usaha atau pemerintah memiliki kriteria tertentu untuk proyek kapital. Hal ini berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi. Proyek kapital umumnya meliputi pembebasan tanah, penyiapan lahan, pembelian material dan peralatan (mesin – mesin), manufaktur (fabrikasi), dan konstruksi membangun fasilitas produksi.

6. Proyek Radio Telekomunikasi

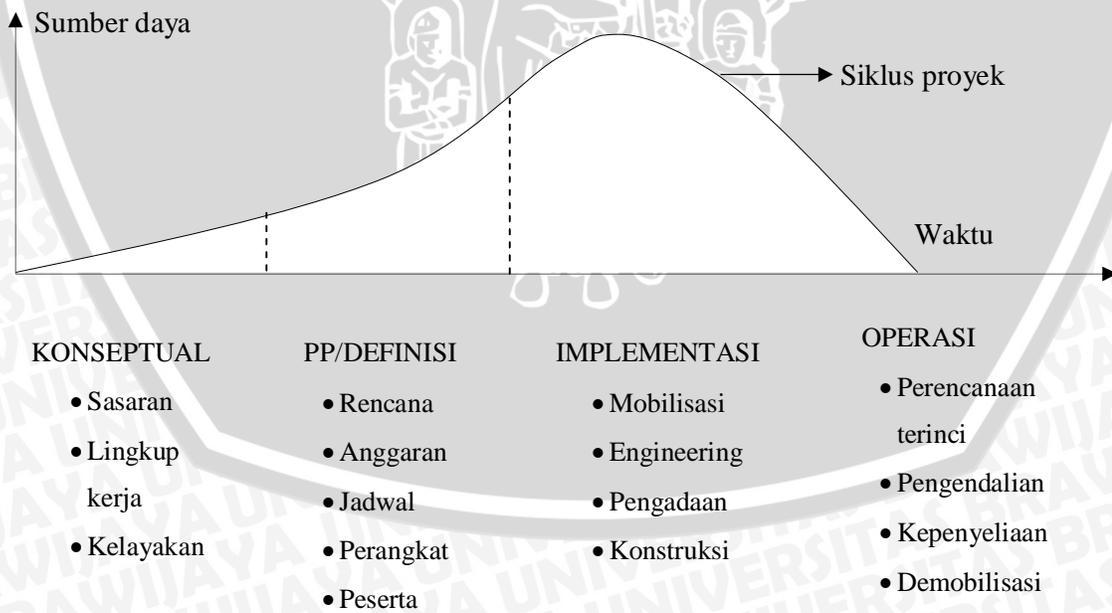
Proyek diatas dimaksudkan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya yang relatif tidak

terlalu mahal. Komponen utama kegiatannya adalah *site survey* atau menentukan titik-titik yang akan dihubungkan dengan lokasi *repeater*, penentuan frekuensi band, desain *engineering* sistem, manufaktur, transpor ke *site*, instalasi *repeater* peralatan.

7. Proyek Konservasi Bio – *Diversity*

Proyek ini berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan. Salah satu pendekatan yang terkenal adalah aplikasi sistem IPAS (*Integrated Protected Area System*), yaitu menentukan daerah yang dilindungi atau *protected area*, *zona buffer*, dan *adjacent area*.

Setiap proyek memiliki pola tertentu yang merupakan ciri pokok yang melekat dan membedakannya dari kegiatan operasional rutin. Semakin besar dan kompleks suatu proyek, ciri tersebut semakin terlihat. Ciri pokok ini dikenal sebagai dinamika kegiatan sepanjang siklus proyek (*project life cycle*). Pada gambar 2.1 menerangkan tentang siklus proyek, dimana kegiatan – kegiatan berlangsung mulai dari titik awal, kemudian jenis dan intensitasnya meningkat sampai ke puncak (*peak*), turun, dan berakhir. Kegiatan - kegiatan tersebut memerlukan sumber daya yang berupa jam-orang (*man-hour*), dana, material atau peralatan. Bila dibuat grafik dengan sumber daya pada sumbu horisontal, maka akan terlihat siklus proyek sebagai garis lengkung dengan titik –titik awal, puncak, dan akhir.



Gambar 2.1 Hubungan keperluan sumber daya terhadap waktu dalam siklus proyek

Sumber: Iman Soeharto, 1997 : 6

2.4 Manajemen Proyek

Berhasil atau tidaknya suatu proyek terletak pada manajemen dalam melaksanakan evaluasi maupun manajemen dalam mengelola setelah proyek dilaksanakan. Manajemen dalam arti luas menurut Stoner & Wankel adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan segala macam *input* agar dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan secara efisien.

Manajemen proyek adalah aktivitas merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumberdaya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu. (Santosa,2003:3)

Perencanaan merupakan salah satu fungsi manajemen proyek yang sangat penting, yaitu memilih menentukan langkah-langkah aktivitas yang akan datang untuk mencapai sasaran. Unsur-unsur perencanaan yang erat hubungannya dengan manajemen proyek adalah penjadwalan, sasaran, kebijakan, prosedur dan anggaran.

Perencanaan dimulai dengan menetapkan deskripsi tiap aktivitas dalam proyek termasuk perkiraan durasi, estimasi biaya dan kebutuhan sumber daya. Hubungan antara aktivitas tersebut ditetapkan untuk menunjukkan apakah suatu aktivitas hanya dapat dimulai bila suatu aktivitas lain telah selesai. Jadi dasar analisa lintasn kritis adalah hubungan pendahulu dan pengikut (*predecessor – successor*) antar aktivitas proyek.

Menyusun jadwal adalah menjabarkan perencanaan proyek menjadi urutan dan kurun waktu aktivitas, yang akan berguna untuk:

1. Sarana koordinasi dan integrasi bagi aktivitas pelaksanaan proyek menjadi satu rangkaian mata rantai yang berurutan.
2. Sarana pengendalian yang dipakai sebagai tolak ukur dalam mengkaji urutan waktu penyelesaian suatu pekerjaan.
3. Mengungkapkan adanya aktivitas yang perlu mendapat prioritas supaya penyelesaian proyek sesuai dengan waktu yang ditentukan.

2.5 Perencanaan Jaringan Kerja (*Network planning*)

Network planning atau *network analysis* merupakan sebuah perencanaan (*planning*) dan pengawasan (*control*) suatu proyek. Cara ini penting sekali untuk digunakan oleh mereka yang bertanggung jawab atas bidang-bidang *Engineering, Production, Marketing, Administration, Research, Educational Planning*, dan

sebagainya, dimana terutama yang tidak merupakan suatu rangkaian kegiatan yang routine (*non-routine sequence of activities*).

Dalam penyusunan *network planning* suatu proyek, pertama-tama inventarisasi kegiatan-kegiatan yang terdapat di dalam proyek tersebut serta logika ketergantungannya satu sama lain. Dengan mengetahui dua hal tersebut dan dengan menggunakan simbol-simbol, simbol dari kegiatan dan simbol dari kejadian atau peristiwa (*event*), maka rencana mendetail yang merupakan sebuah *network* (jaringan dari kegiatan dan kejadian) sudah dapat digambarkan. Dalam taraf ini, maka faktor waktu dan *resources* (sumber-sumber) belum dipertimbangkan; yang ditinjau baru kegiatan-kegiatan, kejadian-kejadian dan hubungan satu sama lain (*inter-relationships*). Manfaat utama dari *network planning* adalah (Soetomo,1977:4):

1. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya tiap-tiap kejadian yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, maka dapat diketahui kesukaran-kesukaran yang timbul sehingga dapat mengambil tindakan pencegahan.
2. Diketahui jalur kritis yang memungkinkan untuk mengatur pembagian kerja dengan baik dan lebih terkontrol.
3. *Network planning* memberikan bantuan yang sangat berharga dalam mengkomunikasikan berbagai aktivitas proyek.
4. Memungkinkan dapat tercapainya pelaksanaan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung (*direct cost*).

2.5.1 Diagram Jaringan Kerja (*Network Diagram*)

Network diagram adalah visualisasi proyek berdasarkan *network planning*. *Network diagram* berupa jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek. Dengan *network diagram* dapat segera dilihat kaitan suatu kegiatan dengan kegiatan-kegiatan lainnya, sehingga bila sebuah kegiatan terlambat maka dengan segera dapat dilihat kegiatan apa saja yang dipengaruhi oleh keterlambatan tersebut dan berapa besar pengaruhnya. Juga dengan *network diagram* dapat diketahui kegiatan-kegiatan mana saja atau lintasan-lintasan mana saja yang kritis, sehingga usaha-usaha segera dapat diarahkan dan dimulai sedini mungkin untuk membuat peristiwa kritis tersebut terjadi pada saatnya. Disamping itu, berbagai tingkat manajemen tertentu dapat dikonsentrasikan pada

peristiwa-peristiwa yang dianggap sangat penting menurut pertimbangan manajemen tersebut. Peristiwa ini sering dinamai *mile stone*. Oleh karena itu dapat dimengerti bahwa sebuah *network diagram* yang tepat dan dipakai secara konsekuen merupakan alat yang sangat menolong dalam penyelenggaraan proyek. Jadi ada dua syarat utama yang harus dipenuhi dalam penggunaan *network planning* pada penyelenggaraan suatu proyek yaitu adanya *network diagram* yang tepat, dan *network diagram* yang tepat tadi digunakan secara konsekuen dalam penyelenggaraan proyek. Terdapat beberapa macam tipe penjadwalan diagram jaringan kerja (*network diagram*) suatu proyek, yaitu:

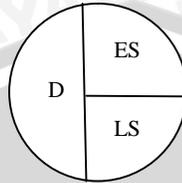
1. Metode Bar Chart
2. Critical Path Method (CPM) atau Metode Lintasan Kritis
3. Program Evaluation and Review Technique (PERT) atau Teknik Evaluasi dan Review
4. Metode Diagram Preseden (PDM)

2.5.1.1 Istilah-istilah dalam Jaringan Kerja

Terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam digram jaringan kerja, yaitu:

- ES : Waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*earliest start time*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
- EF : Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*earliest finish time*). Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan ES kegiatan berikutnya. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. $EF = ES + D$
- LS : Waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*latest allowable start time*) yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan. $LS = LF - D$
- LF : Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*latest allowable finish time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

D : Durasi atau masa, yaitu waktu yang diperhitungkan untuk melakukan suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.



Gambar 2.2 Simbol dalam *network planning*

Sumber : Budi santosa, 2003:57

2.6 Metode Lintasan Jalur Kritis (*Critical Path Method*)

Dalam sejarahnya prosedur analisa jaringan kerja berawal dari metode tradisional *Gantt Chart* atau *Bar Chart*, yang dikembangkan oleh *Henri L Gantt* selama perang dunia I, menjelang akhir dekade 50-an metode jaringan kerja baru diperkenalkan oleh suatu tim *engineer* dan ahli matematika dari perusahaan Du pont bekerja sama dengan Remington Rand Corporation, dan merupakan pengembangan suatu sistem kontrol manajemen dari pendahulunya. Sistem baru ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar proyek yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain, *engineering*, konstruksi, dan pemeliharaan. Usaha yang ditekankan untuk mencari metode yang dapat meminimalkan biaya dalam hubungannya dengan kurun waktu penyelesaian suatu proyek. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis atau *Critical Path Method* (CPM). Pada waktu yang hampir bersamaan secara terpisah dinas angkatan laut Amerika Serikat mengembangkan pula suatu sistem kontrol manajemen yang dinamakan Teknik Evaluasi dan Review proyek atau *Project Evaluation and Review Technique* (PERT), telah berhasil sebagai sarana koordinasi dalam mempercepat penyelesaian proyek. Perbedaan yang substansial antara kedua sistem tersebut terletak dalam memperkirakan kurun waktu aktivitas. Jika CPM menggunakan angka perkiraan tunggal atau deterministik sedangkan PERT menggunakan tiga angka perkiraan atau probabilistik. Pada perkembangan selanjutnya metode CPM lebih banyak digunakan oleh kalangan industri atau proyek *engineer* konstruksi dimana titik berat pada aspek perencanaan dan pengendalian waktu dan

biaya. Sedangkan PERT banyak digunakan untuk proyek penelitian dan pengembangan yang berusaha mengestimasi kurun waktu yang paling baik (kearah yang lebih akurat). Prosedur aplikasi CPM memiliki beberapa langkah yang dilakukan untuk mengaplikasikan CPM, yaitu (Soeharto,1997:183) :

- a. Menentukan terlebih dahulu tujuan / sasaran proyek, aktivitas apa saja yang dibutuhkan dan kejadian-kejadian kunci (*key event* atau *milestones*).
- b. Mengkonversikan informasi di atas menjadi diagram jaringan kerja dengan menggunakan kaidah yang berlaku.
- c. Melakukan perhitungan *critical path* untuk menentukan waktu yang paling awal dan waktu yang paling akhir untuk memulai masing-masing aktivitas, aktivitas kritis (*critical activities*) dan aktivitas kosong (*slack activities*).
- d. Membuat bagan tentang waktu untuk melaksanakan proyek tersebut
- e. Melakukan evaluasi dengan menggunakan beberapa alternatif, yaitu:
 - Menentukan jadwal paling ekonomis
 - Meminimalkan perubahan fluktuasi pemakaian sumber daya.
- f. Membuat *network diagram* dari proyek tersebut.

2.6.1 Analisa Waktu Penyelesaian Proyek

Untuk dapat menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, maka perlu diadakan perhitungan peristiwa yang paling awal dan peristiwa yang paling lambat. Berikut ini merupakan cara menganalisa waktu (Ali,1986:54) :

1. Hitungan Maju

Perhitungan maju digunakan untuk menentukan saat paling awal dalam memulai suatu aktifitas. Saat paling awal adalah saat paling awal suatu peristiwa mungkin terjadi, dan tidak mungkin terjadi sebelumnya. Manfaat ditetapkannya saat paling awal suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling awal mulai melaksanakan aktivitas-aktivitas yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan.

2. Hitungan Mundur

Perhitungan mundur digunakan untuk menentukan saat paling akhir suatu aktifitas. Saat paling lambat maksudnya adalah saat paling lambat suatu

peristiwa mungkin terjadi, dan tidak boleh sesudahnya (meskipun itu mungkin) sehingga proyek mungkin selesai pada waktu yang telah direncanakan. Sesuai dengan penjelasan tersebut, maka manfaat ditetapkannya saat paling lambat setiap peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling lambat selesainya semua aktivitas yang menuju peristiwa yang bersangkutan, agar proyek masih dapat selesai pada waktu yang direncanakan.

3. Perhitungan Tenggang Waktu Aktivitas

Tenggang waktu aktivitas (*activity float*) adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batasan toleransi keterlambatan aktivitas. Dengan ukuran ini diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek terhadap pola kebutuhan sumber daya dan kebutuhan biaya. (Santosa,1997:61). Ada tiga macam tenggang waktu aktivitas, yaitu:

a. *Total Float* (TF)

Yaitu selisih antara waktu yang tersedia untuk melakukan kegiatan dengan waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan tersebut.

$$TF = LF - EF \text{ atau } LS - ES \quad (2-5)$$

b. *Free Float* (FF)

Yaitu waktu yang tersisa bila suatu kegiatan dilaksanakan pada waktu paling akhir dan kegiatan yang mengikutinya dilaksanakan pada waktu paling awal.

$$FF = ES - EF \quad (2-6)$$

c. *Independent Float* (IF)

Yaitu waktu yang tersisa bila suatu kegiatan dilaksanakan pada waktu paling akhir dan kegiatan yang mengikutinya dilaksanakan pada waktu paling awal.

$$IF = LS - EF \quad (2-7)$$

2.6.2 Peristiwa Kritis, Aktivitas Kritis, dan Lintasan Kritis

Tujuan pemakain *network planning* dalam penyelenggaraan proyek antara lain adalah agar proyek selesai pada saat yang telah direncanakan. Untuk dapat mencapai tujuan ini, caranya dengan melaksanakan aktivitas-aktivitas sesuai dengan rencana yang tertera dalam *network diagram*. Hal terakhir ini tidak selalu mungkin, sehingga selalu ada kemungkinan keterlambatan pelaksanaan. Ada beberapa

aktivitas mempunyai batas toleransi keterlambatan, sehingga aktivitas-aktivitas yang keterlambatannya masih dalam batas toleransi tidak akan menyebabkan keterlambatan selesainya proyek. Tetapi ada aktivitas-aktivitas yang tidak mempunyai toleransi tersebut, sehingga bila terlambat satu hari, meskipun aktivitas-aktivitas lain tidak terlambat, maka proyek akan selesai dengan terlambat satu hari. Aktivitas-aktivitas yang tidak memiliki toleransi keterlambatan ini disebut aktivitas-aktivitas kritis.

Untuk mengetahui aktivitas-aktivitas kritis, perlu ditentukan dahulu peristiwa-peristiwa kritis. Untuk mengetahui dengan mudah aktivitas-aktivitas kritis dan peristiwa-peristiwa kritis. Untuk mengetahui dengan mudah aktivitas-aktivitas kritis dan peristiwa-peristiwa kritis pada sebuah *network diagram*, perlu digambarkan atau ditunjukkan secara mencolok lintasan kritisnya, yaitu lintasan yang dimulai dari peristiwa awal *network diagram* sampai peristiwa akhir *network diagram*. Lintasan kritis ini terdiri dari aktivitas-aktivitas kritis, peristiwa-peristiwa kritis dan *dummy* (bila diperlukan). *Dummy* sendiri tidak pernah kritis, tetapi mungkin saja dilalui lintasan kritis.

a. Peristiwa Kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu atau SPA (saat paling awal)-nya sama dengan SPL (saat paling lambat)-nya. Jadi untuk aktivitas kritis, SPL dikurangi SPA sama dengan nol.

b. Aktivitas Kritis

Aktivitas kritis adalah aktivitas yang sangat sensitif terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah aktivitas kritis terlambat satu hari saja, sedangkan aktivitas-aktivitas lain tidak terlambat, maka proyek tersebut akan mengalami keterlambatan selama satu hari.

c. Lintasan Kritis

Tujuan mengetahui lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat aktivitas-aktivitas dan peristiwa-peristiwa yang tingkat kepekaannya paling tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggaraan proyek, yaitu terhadap aktivitas-aktivitas kritis dan hampir kritis.

2.7 Analisa *Time Cost Trade Off*

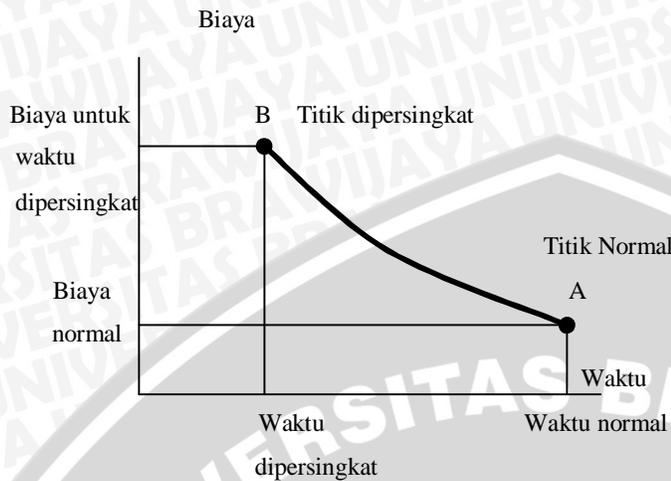
Sering terjadinya suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek (*project manager*) dihadapkan pada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang minimal. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya (*time cost relationship*). Analisis ini mengenai pertukaran antara waktu dan biaya yang disebut *time cost trade off analysis* atau disingkat TCTO analisis (Nugraha,1986).

Proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan atau kompresi waktu, dapat dilakukan pada sebuah atau lebih aktivitas secara bertahap sampai didapatkan suatu keadaan yang optimal dan diusahakan agar penambahan biaya yang ditimbulkan seminimum mungkin. Pengendalian biaya disini terutama ditunjukkan pada biaya langsung (*direct cost*) karena biaya inilah yang bertambah. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa kompresi hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada pada lintasan kritis, maka waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan tidak akan berkurang. Kompresi dilakukan lebih dulu pada aktivitas-aktivitas yang mempunyai *cost slope* terendah pada lintasan kritis (Nugraha,1986).

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi berikut:

- Kurun waktu normal: adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi diluar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.
- Biaya normal: adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dalam kurun waktu normal.
- Kurun waktu dipersingkat (*crash time*): adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Di sini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan.
- Biaya untuk waktu dipersingkat (*crash cost*): adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

Hubungan antara waktu dan biaya digambarkan seperti pada grafik berikut:



Gambar 2.3 Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan

Sumber: Iman Soeharto, 1997 : 214

Titik A menunjukkan titik normal, sedangkan B adalah titik dipersingkat. Garis yang menghubungkan titik A dengan B disebut kurva waktu-biaya. Pada umumnya garis ini dapat dianggap sebagai garis lurus bila tidak (misalnya cekung) maka diadakan perhitungan per segmen yang terdiri dari beberapa garis lurus. Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan artinya dengan mengetahui berapa *slope* atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari.

2.7.1 Menentukan Biaya dan Waktu normal

Biaya normal berkaitan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal. Biaya ini merupakan biaya langsung menurut *estimator* yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktifitas selama waktu normal. Perkiraan biaya ini adalah saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penentuan waktu normal proyek.

2.7.2 Menentukan *Crash Duration*

Crash duration adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan sumber daya dan biaya tambahan lain dalam proyek. Perhitungan *crash duration* dimulai dengan mengetahui terlebih dahulu volume

pekerjaan dari kegiatan yang dimaksud. Selanjutnya dilakukan tahap-tahap perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung produktifitas harian. Nilai ini didapat dengan membagi volume pekerjaan dengan durasi normal dari kegiatan yang dimaksud.
2. Menghitung produktifitas tiap jam dengan membagi hasil perhitungan tahap I diatas dengan jam kerja normal per hari.
3. Menghitung produktifitas harian setelah *crash*. Perhitungan pada tahap ini tergantung dari asumsi yang dipakai yaitu berapa jam kerja tambahan (lembur) dan persentase efektif kerja lembur yang dipakai. Secara umum perhitungan ini didapat dari perkalian jam kerja normal dengan produktifitas tiap jam, ditambah dengan perkalian jam kerja lembur, efektifitas kerja lembur dan produktifitas tiap jam.
4. Tahap terakhir yaitu dengan membagi volume pekerjaan dengan produktifitas harian setelah *crash* sehingga diperoleh *crash duration*.

2.7.3 Menentukan *Crash Cost*

Crash cost merupakan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat. *Crash cost* atau biaya percepatan ini akan lebih besar dari biaya normalnya. *Crash cost* ini didapatkan dari perhitungan:

1. Menentukan biaya lembur per jam. Pada proyek swasta tidak ada ketentuan khusus dalam menentukan biaya lembur, biasanya biaya lembur ditentukan oleh pihak perusahaan berdasarkan kesepakatan para pekerja. Sementara itu pada proyek pemerintah, biaya lembur ditentukan sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No. KEP 102/MEN/VI/2004 tentang waktu kerja lembur dan upah kerja lembur yaitu apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja:
 - a. Jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 kali upah per jam.
 - b. Setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali upah per jam.

2. Menentukan *crash cost* per hari didapat dari jam kerja normal dikali upah normal per jam ditambah dengan jam lembur dikalikan upah lembur per jam.
3. Menghitung *crash cost* dikalikan dengan *crash duration*.
4. *Crash cost* total didapat dari hasil perhitungan pada tahap diatas ditambah dengan volume pekerjaan dikalikan dengan biaya satuan tenaga kerja.

2.7.4 Menghitung *cost slope*

Perhitungan *cost slope* sendiri memerlukan data-data antara lain (Santoso, 2003:77):

1. Waktu kerja normal
2. Waktu lembur
3. Upah tenaga kerja lembur
4. Efektifitas kerja lembur

Rumus untuk menghitung *cost slope* adalah sebagai berikut:

$$\text{Slope biaya} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

2.8 Hubungan Antara Waktu Pelaksanaan dan Biaya Pelaksanaan

Dengan diketahuinya kurun waktu pelaksanaan proyek seringkali timbul pertanyaan apakah kurun waktu tersebut sudah optimal atau dengan kalimat lain dapatkah kurun waktu penyelesaian proyek dipersingkat dengan menambah biaya atau sumber daya lain dalam batas-batas yang masih dianggap ekonomis (Soeharto,1997:213). Dari pernyataan tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa durasi waktu pelaksanaan sangat berpengaruh dengan biaya pelaksanaan, dalam hal ini dipersingkatnya waktu pelaksanaan sangat berpengaruh dengan biaya pelaksanaan. Selanjutnya biaya pelaksanaan dibagi menjadi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*).

2.8.1 Hubungan Waktu Pelaksanaan dengan Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek (Soeharto,1997:127). Biaya langsung (*direct cost*) didapat dari mengalikan volume atau kuantitas suatu pos pekerjaan dengan harga

satuan (*unit cost*) pekerjaan tersebut. Proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan (*kompresi waktu*) dapat dilakukan pada sebuah aktivitas secara bertahap sampai didapat suatu keadaan optimal dan diusahakan agar penambahan biaya yang ditimbulkan seminim mungkin. Pengendalian biaya disini terutama ditunjukkan pada biaya langsung (*direct cost*) karena biaya inilah yang akan bertambah. Biaya langsung diantaranya terdiri dari:

- Penyiapan lahan (*site preparation*)
- Pengadaan peralatan utama
- Upah buruh/*labor/man power*
- Bahan/material
- Biaya peralatan
- Fasilitas pendukung lainnya, seperti: *utility* dan *offsite*.

2.8.2 Hubungan Waktu Pelaksanaan dengan Biaya Tidak Langsung

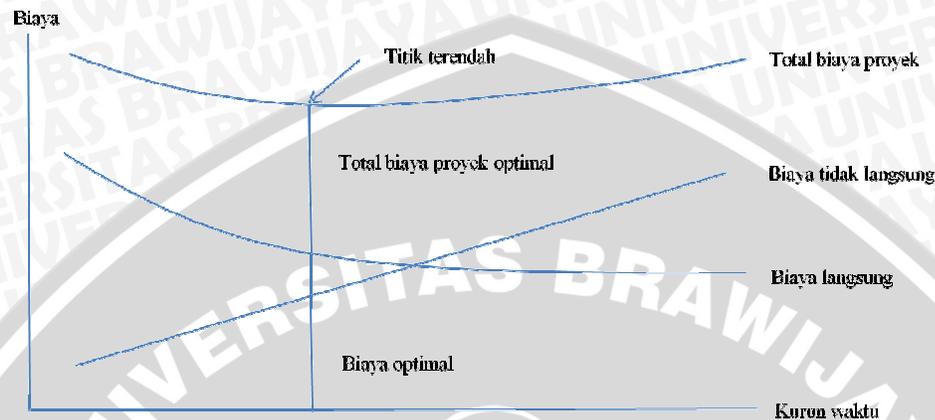
Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah pengeluaran untuk manajemen, supervise dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek (Soeharto,1997:127). Biaya tidak langsung meliputi antara lain:

- Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen, gaji dan tunjangan bagi tenaga bidang *engineering*, inspektor, dan lain-lain.
- Kendaraan dan peralatan konstruksi. Termasuk biaya pemeliharaan, pembelian bahan bakar, minyak pelumas, dan suku cadang.
- Laba kontigensi atau *fee*.
- Overhead, meliputi biaya untuk operasi perusahaan secara keseluruhan terlepas dari ada atau tidak adanya kontrak yang sedang ditangani.

2.8.3 Hubungan Waktu Pelaksanaan dengan Biaya Total

Biaya total adalah sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya

tidak langsung yang diperlukan. Grafik dibawah ini menunjukkan hubungan ketiga macam biaya tersebut. Terlihat bahwa biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 2.4 Grafik hubungan biaya total, langsung, tidak langsung dan optimal

Sumber: Iman Soeharto,1997:219

2.9 Langkah Dalam Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Telah disebutkan bahwa CPM memakai satu angka estimasi bagi kurun masing-masing kegiatan, dengan penggunaan sumber daya pada tingkat normal. Proses mempercepat kurun waktu disebut *crash program*. Didalam menganalisis proses tersebut digunakan asumsi berikut:

- Jumlah sumber daya yang tersedia tidak merupakan kendala. Ini berarti dalam menganalisis program mempersingkat waktu, alternatif yang akan dipilih tidak dibatasi oleh tersedianya sumber daya.
- Bila diinginkan waktu penyelesaian kegiatan lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber daya ini dapat berupa tenaga kerja, material, peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan dalam sejumlah dana.

Jadi tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal.

Dari uraian diatas maka garis besar prosedur mempersingkat waktu adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan identifikasi *float* atau *slack* dengan CPM, memakai kurun waktu normal.
- b. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
- c. Menentukan biaya biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
- d. Menghitung *slope* biaya masing-masing komponen kegiatan.
- e. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *slope* biaya terendah.
- f. Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya *float* yang mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutan untuk memperkecil biaya.
- g. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek berbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi *slope* biaya terendah.
- h. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik TPD (Titik Paling dipersingkat).
- i. Hitung biaya tidak langsung proyek
- j. Jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.
- k. Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

2.10 Penggunaan Perangkat Komputer

Kemajuan pesat dalam bidang perangkat komputer memungkinkan untuk meningkatkan kegunaan dan daya guna metode jaringan kerja. Dalam memvisualisasikan hasil dari jaringan kerja yang telah dibuat, dapat digunakan program *Microsoft Office Project 2003* yaitu program manajemen proyek yang digunakan untuk perencanaan, penjadwalan, dan pembuatan grafik informasi proyek. *Microsoft project* menyajikan informasi dalam bentuk *Bar Chart*, alokasi *Resource* (sumber daya), dan *leveling resource* (pemerataan penggunaan sumber daya). Dengan demikian teknik dan metode jaringan kerja dapat dikembangkan sedemikian juga.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengantar

Metodologi penelitian merupakan suatu tahap yang dilakukan untuk menyelesaikan suatu masalah. Langkah-langkah yang digunakan selama penelitian yang direncanakan secara cermat, terencana, sistematis, sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu studi untuk mengadakan perbaikan terhadap keadaan terdahulu. Penelitian dilakukan terhadap suatu permasalahan yang ada dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data penelitian ini, digunakan berbagai pendekatan untuk mendapatkan data yang relevan dengan persoalan yang diteliti. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian lapangan (*field research*)

Metode penelitian lapangan adalah suatu metode penelitian yang dilaksanakan pada obyek yang diteliti guna tercapainya data yang valid.

- Observasi
Yaitu suatu cara pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung pada obyek yang diteliti, misalnya dalam hal ini berbagai macam komponen dari proyek konstruksi.
- Wawancara
Suatu cara untuk mempelajari dan megumpulkan keterangan dengan mengadakan komunikasi secara langsung tentang hal-hal yang berhubungan dengan obyek-obyek yang diteliti, khususnya yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek konstruksi dalam hal ini antara lain wawancara kepala proyek.
- Dokumentasi
Yaitu melihat dan menggunakan laporan-laporan dan catatan-catatan yang ada pada perusahaan.

2. Metode studi kepustakaan (*Library Research*)

Yaitu tinjauan kepustakaan dimana semua bahan berhubungan dengan landasan teori yang diperoleh dari literatur, catatan kuliah dengan harapan dapat mendukung pembahasan masalah berpedoman pada teori dan pikiran logis. Dalam hal ini studi kepustakaan yang dimaksud adalah teori mengenai jaringan kerja khususnya mengenai CPM (*Critical Path Method*).

3.3 Sumber Data

Penelitian merupakan aktivitas ilmiah, sistematis, terarah dan bertujuan, maka informasi yang dikumpulkan harus relevan dengan persoalan yang dihadapi. Data berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari sumbernya, diamati dan dicatat untuk pertama kalinya. Adapun data yang ada disini adalah:

1. Data jenis aktivitas proyek
2. Data urutan proses konstruksi jaringan air limbah DSDP
3. Data waktu aktivitas/proses proyek
4. Data logika ketergantungan
5. Data tenaga kerja

- Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data yang diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti, seperti laporan perusahaan, literatur dan keterangan publikasi lainnya. Data tersebut terdiri dari:

1. Data biaya langsung dan biaya tak langsung
2. Data biaya material
3. Data kebutuhan material

3.4 Pengumpulan Data

Tahap berikutnya adalah mengadakan pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti seperti data jenis pekerjaan, biaya langsung, biaya tak langsung, waktu pengerjaan tiap aktivitas proyek, waktu dan biaya

percepatan, logika ketergantungan, harga bahan baku, upah tenaga kerja. Selanjutnya diikuti dengan studi literatur yang relevan dengan permasalahan yang ada.

3.5 Pengolahan data

Kegiatan yang dilakukann meliputi penyusunan jaringan kerja, penentuan lintasan kritis, analisa waktu penyelesaian proyek, analisa waktu dan biaya pada kondisi normal maupun kondisi percepatan.

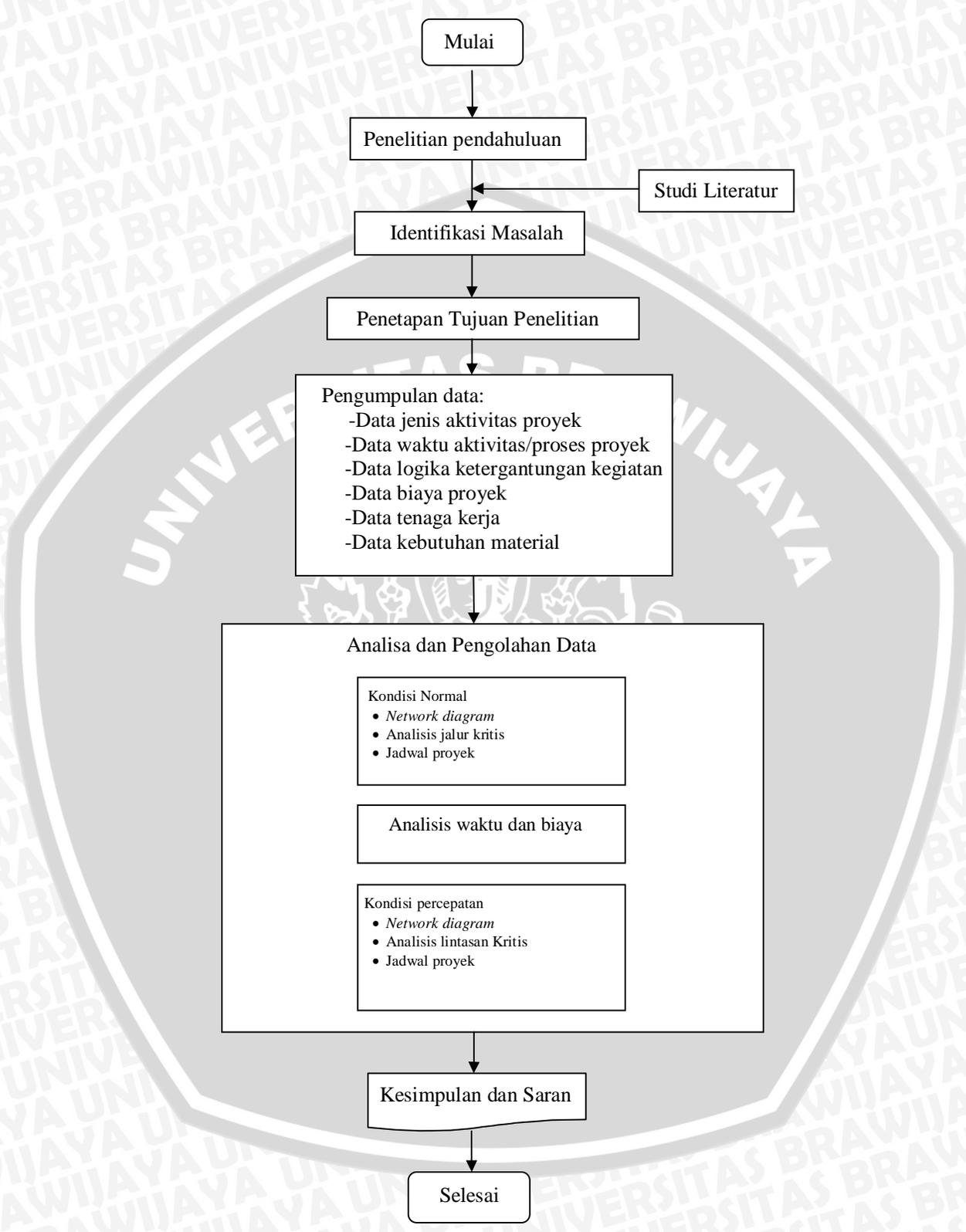
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan jaringan air limbah DSDP kota Denpasar. Penelitian dilakukan selama bulan Maret 2009.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengantar

Bab ini memuat data-data yang diperoleh selama pengamatan yang kemudian akan dijadikan *input* untuk proses pengolahan data selanjutnya. Data-data yang diperoleh berupa data harga satuan proyek, biaya tak langsung, durasi aktivitas dan logika ketergantungan antar aktivitas. Data durasi dan logika ketergantungan antar aktivitas digunakan sebagai *input* dalam *Microsoft office project 2003* untuk menentukan lintasan kritis proyek. Sedangkan data harga satuan proyek dan biaya tak langsung digunakan untuk menghitung biaya proyek keseluruhan baik dalam waktu normal maupun dipercepat. Pengumpulan data dimulai dari deskripsi proyek untuk menjelaskan mengenai obyek yang diteliti.

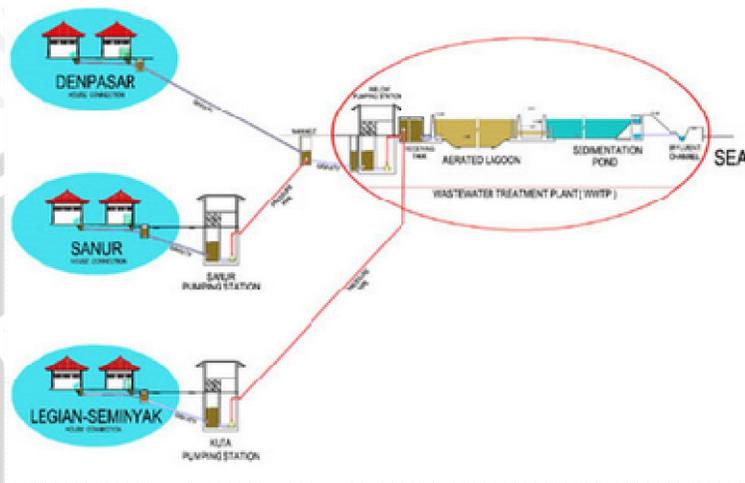
4.2 Gambaran Proyek

Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) adalah proyek pembangunan jaringan limbah cair untuk kota Denpasar. Studi kelayakan proyek ini mulai dibuat sejak tahun 1993, *Detail Engineering Design* mulai dibuat tahun 1997 dan masa konstruksi (tahap I) mulai tahun 2003. Wilayah yang sudah dikerjakan adalah Kota Denpasar, Sanur dan Kuta (Seminyak dan Legian). Sedangkan untuk wilayah kelurahan Kuta belum dilaksanakan karena penolakan sebagian besar masyarakat. *Denpasar Sewerage Development Project* (DSDP) dibangun untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan perairan (pantai, sungai dan air tanah) serta untuk meningkatkan citra pariwisata Bali di dunia internasional

Ide pembangunan DSDP didasari pencemaran perairan Teluk Benoa yang ditindaklanjuti dengan studi masterplan Japan International Cooperation Agency (JICA) yang dilakukan pada 1991-1992. Proyek ini merupakan kerjasama pemerintah pusat, pemerintah provinsi Bali dan pemerintah Jepang melalui dana pinjaman Japan Bank for International Cooperation (JBIC) Setelah pembangunan tahap I, DSDP akan dilanjutkan dengan dua tahap selanjutnya.

Biaya yang sudah dihabiskan untuk membangun jaringan DSDP tahap I mencapai ratusan miliar. Konsultan yang mendesain dan melakukan supervisi dari negara yang memberi pinjaman, yaitu *Pacific Consultan International* (PCI)

konsorsium dengan konsultan lokal Indonesia. Kontraktor yang mengerjakan fisiknya juga konsorsium perusahaan BUMN dan perusahaan Jepang khusus untuk nilai kontrak di atas 100 miliar (International Competitive Bidding), sedangkan untuk nilai kontrak dibawah 100 miliar sebagian besar dikerjakan oleh BUMN.



Gambar 4.1 Denah Aliran Air limbah



Gambar 4.2 Penggalian dengan menggunakan *excavator*



Gambar 4.3 Proses Pengaturan Lalu Lintas



Gambar 4.4 Pemasangan Pipa



Gambar 4.5 Proses pengaspalan Kembali

4.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan dan data sekunder perusahaan. Dalam penulisan skripsi ini data-data yang dibutuhkan untuk dapat menentukan waktu dan biaya percepatan proyek adalah sebagai berikut:

1. Data harga satuan proyek
2. Data biaya tidak langsung
3. Data estimasi waktu proyek
4. Data logika ketergantungan antar kegiatan

4.3.1 Data Harga Satuan Proyek

Harga satuan proyek merupakan harga dari sumber daya yang dipergunakan dalam setiap pekerjaan, berupa material dan tenaga kerja.

Tabel 4.1 Harga satuan proyek

No	Uraian Kegiatan	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan dan Umum	252.163.976,50
2	Pekerjaan Sambungan Rumah	1.617.680.244,47
3	Pekerjaan Pipa Sekunder dan Tersier	3.267.360.248,50
4	Pekerjaan Pemasangan Pipa PVC	178.030.700,47
5	Sekat Holding	38.628.684,92
6	Pekerjaan Pengaspalan Kembali	2.170.990.321,50

Sumber : Data perusahaan

4.3.2 Data biaya tak langsung

Merupakan biaya yang digunakan secara tidak langsung terhadap aktivitas proyek. Dengan adanya data dari tabel 4.2 tersebut akan diketahui pengaruh penambahan biaya proyek, sehingga diketahui jumlah biaya secara non teknis pada satu proyek.

Tabel 4.2 Biaya tak langsung

No	Nama Kegiatan	Biaya (Rp)
1	Biaya personil lapangan (jaga malam)	20.100.000,00
2	Sewa tanah dan perkarangan	20.000.000,00
3	Biaya foto, laporan, vcd dan gambar jadi (<i>as built drawing</i>)	66.000.000,00
4	Biaya transportasi	130.000.000,00
5	Biaya sewa kantor dan fasilitas	15.000.000,00
6	Biaya pegawai	170.800.700,00
7	Biaya bank	48.356.435,00
8	Biaya penyusutan	7.735.043,00

Sumber: Data perusahaan

4.3.3 Data Durasi Proyek dan Logika Ketergantungan

Durasi pekerjaan merupakan jangka waktu untuk menyelesaikan pekerjaan. Durasi pekerjaan ini direncanakan dengan mempertimbangkan beberapa faktor dan kendala yang ada dalam proyek tersebut. Faktor mendasar untuk menentukan durasi pekerjaan adalah volume pekerjaan, kemampuan sumberdaya yang tersedia, kondisi medan dan cuaca. Selain itu pengalaman dari perencana sangat membantu dalam menentukan durasi yang tepat, akurat serta logis. Sehingga dengan tersedianya

sumberdaya maka pekerjaan yang sedang berlangsung dapat berjalan seiring dengan durasi yang telah direncanakan atau dengan kata lain proyek dapat berjalan sesuai rencana.

Dalam suatu proyek, satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya dapat saling mempengaruhi atau dengan kata lain terdapat hubungan ketergantungan antar kegiatan. Tetapi ada juga satu kegiatan yang tidak mempengaruhi pekerjaan lainnya atau saling lepas. Biasanya hal ini adalah pekerjaan yang dapat berjalan bersama-sama atau paralel.

Sementara untuk kegiatan yang saling tergantung satu sama lainnya harus menunggu kegiatan terdahulu selesai, baru kemudian kegiatan pengikutnya bisa dilaksanakan. Untuk itu perlu penanganan yang serius agar tidak terjadi masalah jika salah satu kegiatan mengalami keterlambatan sehingga membuat kegiatan pengikutnya mengalami keterlambatan pula.

Proyek jaringan air limbah DSDP kota Denpasar memiliki 6 pekerjaan utama dan 57 sub pekerjaan utama, dimana pekerjaan utama terdiri dari pekerjaan yang saling terkait dengan yang lain (sub pekerjaan utama). Adapun rincian item pekerjaan, durasi dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Durasi Proyek & Logika Ketergantungan Aktivitas

No	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)	Aktivitas Pendahulu
0	Start	0	
A	Pekerjaan persiapan dan umum		
A.1	Pembersihan lokasi	14	0
A.2	Persiapan bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang	10	A.1
A.3	Survey & penyelidikan bawah tanah	29	0
A.4	Pas. Papan nama proyek	5	0
A.5	Penyediaan lokasi pembuangan sisa galian	7	A.4
A.6	Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas	10	A.2
B	Pekerjaan sambungan rumah		
B.1	Bongkaran keramik	9	A.3,A.5,A.6
B.2	Bongkaran paving	11	B1
B.3	Bongkaran rabat beton	4	B.1
B.4	Bongkaran batu sikat	3	B.2
B.5	Bongkaran batu kali	4	B.3
B.6	Galian tanah	10	B.4

B.7	Pipa ϕ 75 mm	5	B.5,B.6
B.8	Pipa ϕ 100 mm	14	B.5,B.6
B.9	Elbow 900 pipa ϕ 75 mm	8	B.7
B.10	Elbow 450 pipa ϕ 75 mm	6	B.9
B.11	Tee y pipa ϕ 75 mm	2	B.10
B.12	Elbow 900 pipa ϕ 100 mm	11	B.8
B.13	Elbow 450 pipa ϕ 100 mm	2	B.12
B.14	Tee y pipa ϕ 100 mm	5	B.13
B.15	Urugan pasir untuk bedding i	6	B.11,B.14
B.16	Bak kontrol	45	B.15
B.17	Flushing	17	B.16
B.18	Desinfektan pada dinding septictank	8	B.17
B.19	Pasangan keramik	18	B.15
B.20	Pasangan paving sambungan rumah	16	19
B.21	Pasangan rabat beton	10	B.20
B.22	Pasangan batu sikat	4	B.21
B.23	Pasangan batu kali	2	B.22
B.24	Perbaikan landscape	5	B.23
C	Pekerjaan pipa sekunder dan tersier		
C.1	Pemasangan pipa beton ϕ 200 mm dijalan exiting tanpa perkerasan	13	A.6
C.2	Pemasangan pipa beton ϕ 200 mm dijalan exiting dengan perkerasan	88	C.1
C.3	Pemasangan pipa beton ϕ 250 mm dijalan exiting dengan perkerasan	10	A.6
C.4	Pemasangan pipa beton ϕ 300 mm dijalan exiting dengan perkerasan	12	C.3
C.5	Pemasangan pipa beton ϕ 400 mm dijalan exiting dengan perkerasan	22	C.4
C.6	Manhole type I	10	C.26,C.5
C.7	Pemasangan pipa lateral dan house inlet	71	A.6
D	Pekerjaan pengadaan dan pemasangan pipa vpc		
D.1	Galian tanah mekanis	15	A.6
D.2	Bongkaran aspal	7	D.1
D.3	Bongkaran paving	1	D.2
D.4	Buang hasil galian	4	D.3
D.5	Bobok beton manhole	2	D.4
D.6	Beton K 225 wet pit 205 (over flow)	2	D.5
D.7	Beton K 125	3	D.6
D.8	Urugan pasir untuk bedding ii	5	D.7
D.9	Pemasangan pipa 100 mm tipe vp	18	D.8
D.10	Pemasangan pipa 150 mm tipe vp	22	D.8
D.11	Grouting pipa	1	D.9,D.10
D.12	Timbunan kembali dan pemadatan	5	C.6,C.7,D.11,E.3
D.13	Perbaikan perkerasan	8	D.12
D.14	Pemasangan paving	2	B.18,D.13

E	Sekat holding		
E.1	Beton k-225	5	D.5
E.2	Bekisting sekat holding	10	E.1
E.3	Pembesian	15	E.2
F	Pekerjaan pengaspalan kembali	33	
F.1	Overlay asphalt	15	B.24,D.14
F.2	Lapen, 7 cm	8	F.1
F.3	Marka jalan	6	F.2

Sumber : Data perusahaan

4.4 Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh kemudian akan diolah untuk menentukan total waktu dan biaya penyelesaian proyek pembangunan jaringan air limbah DSDP di Denpasar baik dalam kondisi normal maupun kondisi setelah mengalami percepatan. Dalam hal ini proses pengolahan data menggunakan bantuan *Software Microsoft Office project 2003*.

4.4.1 Penjadwalan Pada Kondisi Normal

4.4.1.1 Penentuan Lintasan Kritis dan Kurun Waktu Penyelesaian Proyek

Suatu kegiatan dikatakan sebagai kegiatan kritis apabila waktu mulai paling cepat kegiatan dan waktu paling lambat kegiatan adalah sama (*early start = early finish*) serta waktu selesai paling cepat kegiatan dan waktu selesai paling lambat kegiatan juga sama (*early finish = late finish*).

Untuk menentukan lintasan kritis serta jadwal aktivitas proyek, digunakan *Software Microsoft project 2003*. Dari *input* data-data pada tabel 4.3 yaitu mengenai durasi aktivitas proyek dan logika ketergantungan antar aktivitas, maka *output* yang dihasilkan terlihat pada **lampiran 1**.

Lintasan kritis proyek pembangunan jaringan air limbah DSDP adalah: A.1 Pembersihan Lokasi – A.2 Persiapan bangunan kontraktor, workshop dan gudang – A.6 Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas – B.1 Bongkaran keramik – B.2 Bongkaran paving – B.4 Bongkaran batu sikat – B.6 Galian tanah – B.8 Pipa ϕ 100 mm – B.12 Elbow 900 pipa ϕ 100 mm – B.13 Elbow 450 pipa ϕ 100 mm – B.14 Tee Y pipa ϕ 100 mm – B.15 Urugan pasir untuk bedding I – B.16 Bak kontrol – B.17 Flushing – B.18 Desinfektan pada dinding septictank – D.14 Pemasangan paving – F.1

Overlay aspal – F.2 Lapen, 7 cm – F.3 Marka jalan, dengan durasi waktu pelaksanaan selama 208 hari.

4.4.2 Penjadwalan Pada Kondisi Dipercepat

Sistem Perpipaan Air Limbah Denpasar (DSDP) adalah proyek pembangunan sistem perpipaan air limbah terpusat yang pada tahap pertama mencakup kawasan Kota Denpasar dan Kabupaten Badung dan dapat melayani 160.000 jiwa.

Keberadaan DSDP dipastikan akan meningkatkan pendapatan Bali dari sektor pariwisata. Bali bisa menjadi daerah yang bersih dari limbah dan nyaman untuk tinggal bagi para turis. Instalasi Pengolahan Air Limbah dapat mengurangi tingkat pencemaran sampah ke pantai dan laut. Saat ini tingkat pencemaran pantai dan laut per harinya mencapai 128 ton. Dengan pengoperasian instalasi DSDP, pencemaran per harinya dapat diturunkan menjadi 106 ton. Oleh karena itu dalam proses pelaksanaan pembangunannya, DSDP ini membutuhkan waktu penyelesaian yang lebih cepat. Agar sistem tersebut dapat secepatnya difungsikan.

4.4.2.1 Analisa *Time Cost Trade Off*

4.4.2.1.1 Perhitungan *Cost slope*

Untuk mempercepat proyek, perlu diperhitungkan *cost slope* kegiatan terutama kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis yang memiliki *cost slope* rendah agar biaya percepatan dapat terkendali. Dasar-dasar asumsi perhitungan *cost slope* yaitu sebagai berikut:

1. Pada proyek pemerintah, biaya lembur ditentukan sesuai dengan surat keputusan menteri tenaga kerja NO. KEP 102 / MEN / VI / 2004 tentang waktu kerja lembur dan upah kerja lembur, yaitu apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja:
 - a) Jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 kali upah per jam
 - b) Setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali upah per jam.

2. Waktu kerja normal yang diberlakukan perusahaan yaitu 8 jam/hari, mulai pukul 07.00-12.00, istirahat 12.00-13.00 dan mulai lagi 13.00-16.00. untuk seminggu kerja mulai hari senin sampai sabtu sehingga hari kerja yang berlaku adalah 6 hari kerja/minggu
3. Efisiensi kerja lembur 80%
(Suharto,1997:162)

Tabel 4.4 Upah Lembur 3 Jam

No	Tenaga Kerja	Upah/hari (Rp)	Upah/jam (Rp)	Upah Lembur (Rp)			
				Jam I	Jam II	Jam III	Jumlah
1	2	3	4	5	6	7	8
Rumus			(3)/8	(4)*1.5	(4)*2	(4)*2	(5)+(6)+(7)
1	Mandor	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
2	Pekerja	45.000,00	5.625,00	8.437,50	11.250,00	11.250,00	30.937,50
3	Kepala tukang pipa	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
4	Kepala tukang batu	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
5	Kepala tukang pipa beton	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
6	Kepala tukang besi beton	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
7	Kepala tukang cat	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
8	Kepala tukang besi	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
9	Kepala tukang kayu	60.000,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	15.000,00	41.250,00
9	Surveyor	200.000,00	25.000,00	37.500,00	50.000,00	50.000,00	137.500,00
10	Helper surveyor	150.000,00	18.750,00	28.125,00	37.500,00	37.500,00	103.125,00
11	Tukang pipa	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
12	Tukang batu	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
13	Tukang pipa beton	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
14	Tukang besi beton	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
15	Tukang cat	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
16	Tukang besi	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
17	Tukang kayu	47.500,00	5.937,50	8.906,25	11.875,00	11.875,00	32.656,25
18	Tukang gali	40.000,00	5.000,00	7.500,00	10.000,00	10.000,00	27.500,00
19	Pembantu tukang	35.000,00	4.375,00	6.562,50	8.750,00	8.750,00	24.062,50
20	Pengemudi/sopir	40.000,00	5.000,00	7.500,00	10.000,00	10.000,00	27.500,00
21	Pembantu sopir	35.000,00	4.375,00	6.562,50	8.750,00	8.750,00	24.062,50

Sumber: Pengolahan data

4.4.2.1.2 Nilai *Cost slope* Masing-Masing Aktivitas

Cost slope didapat dengan perhitungan berikut :

$$\frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

Untuk itu perlu diketahui biaya normal total dan biaya total dipercepat masing-masing aktivitas. Biaya normal total diperoleh dari biaya normal per hari dikalikan durasi normal. Sedangkan biaya total pada waktu dipercepat didapat dengan menghitung produktivitas harian dan per jam pekerja untuk mengetahui durasi tercepat pelaksanaan yang mungkin dicapai suatu aktivitas. Kemudian menentukan biaya per hari yang diperoleh dari penambahan biaya normal dengan upah pekerja. Berikut ini merupakan contoh perhitungan *cost slope* (Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3):

1. Bongkaran batu sikat

- Volume = 25,19 m²
- Normal duration = 3 hari
- Biaya satuan upah = Rp 5.955,00
- Produktivitas / hari = 25,19 / 3 = 8,40 m²/hari
- Produktivitas / jam = 8,40 / 8 = 1,05 m²/jam
- Biaya normal / hari = Rp 5.955,00 x 8,40 = Rp 50.022,00
- Biaya normal / jam = Rp 5.955,00 x 1,05 = Rp 6.252,75
- Biaya normal total (3 hari) = Rp 50.022,00 x 3 = Rp 150.066,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 6.252,75) + 2 (2 x Rp 6.252,75)
= Rp 34.390,13
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 1,05) + (3 x 0,8 x 1,05)
= 10,92 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 10,92 / 11 = 0,99 m²/jam
- Durasi setelah *crash* = 25,19 / 10,92 = 2,31 ≈ 2 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 34.390,13 + Rp 50.022,00
= Rp 84.412,13
- Biaya total (2 hari) = Rp 84.412,13 x 2 = Rp 168.824,26
- *Cost slope* = (Rp 168.824,26 - Rp 150.066,00) / (3-2)
= Rp 18.758,26

Tabel 4.5 *Cost slope* Masing-Masing Aktivitas

No Kegiatan	Uraian Kegiatan	Normal		Dipercepat		<i>Cost slope</i>
		Durasi	Biaya	Durasi	Biaya	
A	Pekerjaan persiapan dan umum					
A.1	Pembersihan lokasi	14	847.576,80	11	1.123.796,08	92.073,09
A.2	Persiapan bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang	10	285.000,00	8	384.750,00	49.875,00
A.3	Survey & penyelidikan bawah tanah	29	5.026.182,85	22	113.197.692,30	15.453.072,79
A.4	Pas. Papan nama proyek	5	240.000,00	4	324.000,00	92.073,09
A.5	Penyediaan lokasi pembuangan sisa galian	7	558.600,00	6	807.975,00	249.375,00
A.6	Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas	10	570.000,00	8	769.500,00	99.750,00
B	Pekerjaan sambungan rumah					
B.1	Bongkaran keramik	9	1.377.070,92	7	1.807.225,63	215.007,36
B.2	Bongkaran paving	11	1.714.093,26	8	2.103.837,12	129.914,62
B.3	Bongkaran rabat beton	4	524.444,24	3	663.677,76	139.233,52
B.4	Bongkaran batu sikat	3	150.066,00	2	168.824,26	18.758,26
B.5	Bongkaran batu kali	4	149.945,88	3	190.000,65	40.054,77
B.6	Galian tanah	10	4.177.252,60	7	23.022.321,21	6.281.689,54
B.7	Pipa ϕ 75 mm	5	367.500,00	4	496.125,00	128.625,00
B.8	Pipa ϕ 100 mm	14	15.384.992,00	11	20.398.550,92	1.671.186,31
B.9	Elbow 900 pipa ϕ 75 mm	8	155.000,00	6	192.975,00	18.987,50
B.10	Elbow 450 pipa ϕ 75 mm	6	155.310,00	5	218.937,50	63.627,50
B.11	Tee y pipa ϕ 75 mm	2	55.180,00	2	92.812,76	
B.12	Elbow 900 pipa ϕ 100 mm	11	1.142.702,99	8	1.401.501,76	86.266,26
B.13	Elbow 450 pipa ϕ 100 mm	2	107.532,26	2	181.883,14	
B.14	Tee y pipa ϕ 100 mm	5	477.028,50	4	645.333,96	168.305,46
B.15	Urugan pasir untuk bedding i	6	569.681,91	5	801.264,20	231.582,29
B.16	Bak kontrol	45	9.957.330,68	35	13.067.446,00	311.011,53
B.17	Flushing	17	1.991.880,82	13	2.570.800,96	144.730,04
B.18	Desinfektan pada dinding septictank	8	962.505,04	6	1.218.373,68	127.934,32
B.19	Pasangan keramik	18	1.709.981,64	13	2.084.320,94	74.867,86
B.20	Pasangan paving sambungan rumah	16	2.563.604,64	12	3.244.971,24	170.341,65
B.21	Pasangan rabat beton	10	1.210.420,70	8	1.633.548,40	211.563,85
B.22	Pasangan batu sikat	4	285.118,84	3	481.760,36	196.641,52
B.23	Pasangan batu kali	2	142.703,74	2	240.546,66	
B.24	Perbaiki landscape	5	195.254,20	4	264.495,72	69.241,52
C	Pekerjaan pipa sekunder dan tersier					

C.1	Pemasangan pipa beton ϕ 200 mm dijalan exiting tanpa perkerasan	13	788.242,39	10	1.023.420,20	78.392,60
C.2	Pemasangan pipa beton ϕ 200 mm dijalan exiting dengan perkerasan	88	25.075.981,92	68	32.703.708,00	381.386,33
C.3	Pemasangan pipa beton ϕ 250 mm dijalan exiting dengan perkerasan	10	760.193,50	8	1.024.980,00	132.393,25
C.4	Pemasangan pipa beton ϕ 300 mm dijalan exiting dengan perkerasan	12	1.293.332,40	9	1.637.361,81	114.676,47
C.5	Pemasangan pipa beton ϕ 400 mm dijalan exiting dengan perkerasan	22	3.326.436,08	17	4.336.872,89	202.087,36
C.6	Manhole type I	10	195.000,01	8	263.029,20	34.014,60
C.7	Pemasangan pipa lateral dan house inlet	71	4.147.300,99	55	5.423.730,95	79.776,87
D	Pekerjaan pengadaan dan pemasangan pipa vpc					
D.1	Galian tanah mekanis	15	1.899.840,90	12	2.566.099,44	222.086,18
D.2	Bongkaran aspal	7	284.999,75	5	343.970,85	29.485,55
D.3	Bongkaran paving	1	45.000,00	1	76.339,28	
D.4	Buang hasil galian	4	285.015,48	3	360.722,64	75.707,16
D.5	Bobok beton manhole	2	107.500,00	2	1.218.373,68	
D.6	Beton K 225 wet pit 205 (over flow)	2	45.000,00	2	360.722,64	
D.7	Beton K 125	3	236.192,26	2	265.716,24	29.523,98
D.8	Urugan pasir untuk bedding II	5	149.856,55	4	201.912,04	52.055,49
D.9	Pemasangan pipa 100 mm tipe vp	18	462.959,10	14	1.219.945,58	189.246,62
D.10	Pemasangan pipa 150 mm tipe vp	22	652.152,16	17	850.391,68	39.647,90
D.11	Grouting pipa	1	107.500,00	1	90.703,13	
D.12	Timbunan kembali dan pemadatan	5	195.081,15	4	263.025,40	67.944,25
D.13	Perbaikan perkerasan	8	195.088,08	6	246.999,42	25.955,67
D.14	Pemasangan paving	2	150.000,00	2		
E	Sekat holding					
E.1	Beton k-225	5	257.101,90	4	345.991,36	88.889,46
E.2	Bekesting sekat holding	10	487.215,10	8	657.218,16	170.003,06
E.3	Pembesian	15	977.451,60	12	1.319.818,44	114.122,28
F	Pekerjaan pengaspalan kembali					
F.1	Overlay asphalt	17	21,080,023.80	15	31,387,910.40	5,153,943.30
F.2	Lapen, 7 cm	8	450.000,00	6	569.160,00	59.580,00
F.3	Marka jalan	6	325.592,10	5	456.577,50	456.577,50

Sumber: Pengolahan Data

4.4.2.2 Perhitungan Durasi dan Biaya Setelah Penambahan Jam Kerja atau Lembur

Setelah harga *cost slope* didapatkan, lalu dilakukan tahap-tahap pengkompresian dengan dimulai dari kegiatan atau aktivitas yang memiliki *cost slope* terendah dan mempengaruhi durasi total pelaksanaan.

1. Tahap Normal

Pada tahap normal, lintasan kritis yang terjadi adalah: A.1 – A.2 – A.6 – B.1 – B.2 – B.4 – B.6 – B.8 – B.12 – B.13 – B.14 – B.15 – B.16 – B.17 – B.18 – D.14 – F.1 – F.2 – F.3

2. Tahap I

Cost slope aktivitas (B.4) Bongkaran batu sikat = Rp 18.758,26 dengan pengurangan durasi = 1 hari

Durasi setelah kompresi = 3 - 1 = 2 hari

Biaya langsung = 7.524.854.176,36 + Rp 18.758,26
= Rp 7.524.872.934,62

Biaya tak langsung = Rp 477.992.178,00 - Rp 2.378.070,54
= Rp 475.614.107,46

Total cost = Rp 7.524.872.934,62 + Rp 475.614.107,46
= Rp 8.000.487.042,08

Lintasan kritis = Tetap

3. Tahap II

Cost slope aktivitas (A.2) Persiapan bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang = Rp 49.875,00 dengan pengurangan durasi = 2 hari

Durasi setelah kompresi = 10 - 2 = 8 hari

Biaya langsung = Rp 7.524.872.934,62 + Rp 99.750,00
= Rp 7.524.972.684,62

Biaya tak langsung = Rp 475.614.107,46 - Rp 4.756.141,07
= Rp 470.857.966,39

Total cost = Rp 7.524.972.684,62 + Rp 470.857.966,39
= Rp 7.995.830.651,01

Lintasan kritis = Tetap

4. Tahap III

Cost slope pada aktivitas (F.2) Lapen = Rp 59.580,00 dengan pengurangan durasi = 2 hari

Durasi setelah kompresi = $8 - 2 = 6$ hari

Biaya langsung = Rp 7.524.972.684,62 + Rp 119.160,00
= Rp 7.525.091.844,62

Biaya tak langsung = Rp Rp 470.857.966,39 - Rp 4.756.141,07
= Rp 466.101.825,31

Total cost = Rp 7.525.091.844,62 + Rp 466.101.825,31
= Rp 7.991.193.669,93

Lintasan kritis = Tetap

5. Tahap IV

Cost slope pada aktivitas (B.12) elbow 900 pipa ϕ 100 mm = Rp 86.266,26 dengan pengurangan durasi = 3 hari

Durasi setelah kompresi = $11 - 3 = 8$ hari

Biaya langsung = Rp 7.525.091.844,62 + Rp 258.798,78
= Rp 7.525.350.643,40

Biaya tak langsung = Rp 466.101.825,31 - Rp 7.134.211,61
= Rp 458.967.613,70

Total cost = Rp 7.525.350.643,40 + Rp 458.967.613,70
= 7.984.318257,10

Lintasan kritis = Tetap

6. Tahap V

Cost slope pada aktivitas (A.1) Pembersihan lokasi = Rp 92.073,09 dengan pengurangan durasi = 3 hari

Durasi setelah kompresi = $14 - 3 = 11$ hari

Biaya langsung = Rp 7.525.350.643,40 + Rp 276.219,27
= Rp 7.525.626.862,67

Biaya tak langsung = Rp 458.967.613,70 - Rp 7.134.211,61
= Rp 451.833.402,09

Total cost = Rp 7.525.626.862,67 + Rp 451.833.402,09

$$= \text{Rp } 7.977.460.264,76$$

$$\begin{aligned} \text{Lintasan kritis} &= \text{A.1} - \text{A.2} - \text{A.3} - \text{A.6} - \text{B.1} - \text{B.2} - \text{B.4} - \text{B.6} - \text{B.8} - \\ &\text{B.12} - \text{B.13} - \text{B.14} - \text{B.15} - \text{B.16} - \text{B.17} - \text{B.18} - \text{D.14} - \text{F.1} - \text{F.2} - \text{F.3} \end{aligned}$$

7. Tahap VI

Cost slope pada aktivitas (B.18) Desinfektan pada dinding septictank = Rp 127.934,32 dengan pengurangan durasi = 2 hari

$$\text{Durasi setelah kompresi} = 8 - 2 = 6 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 7.525.626.862,67 + \text{Rp } 255.868,64 \\ &= \text{Rp } 7.525.882.731,31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tak langsung} &= \text{Rp } 451.833.402,09 - \text{Rp } 7.134.211,61 \\ &= \text{Rp } 439.943.049,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total cost} &= \text{Rp } 7.525.882.731,31 + \text{Rp } 439.943.049,40 \\ &= \text{Rp } 7.972.959.992,32 \end{aligned}$$

$$\text{Lintasan kritis} = \text{Tetap}$$

8. Tahap VII

Cost slope pada aktivitas (B.2) Bongkaran paving = Rp 129.914,62 dengan pengurangan durasi = 3 hari

$$\text{Durasi setelah kompresi} = 11 - 3 = 8 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 7.525.882.731,31 + \text{Rp } 389.743,86 \\ &= \text{Rp } 7.526.272.475,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tak langsung} &= \text{Rp } 447.077.261,01 - \text{Rp } 4.756.141,07 \\ &= \text{Rp } 447.077.261,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total cost} &= \text{Rp } 7.526.272.475,17 + \text{Rp } 447.077.261,01 \\ &= \text{Rp } 7.966.215.524,57 \end{aligned}$$

$$\text{Lintasan kritis} = \text{Tetap}$$

9. Tahap VIII

Cost slope pada aktivitas (B.17) Flushing = Rp 144.730,04 dengan pengurangan durasi = 4 hari

$$\text{Durasi setelah kompresi} = 17 - 4 = 13 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya langsung} = \text{Rp } 7.526.272.475,17 + \text{Rp } 578.920,16$$

	= Rp 7.526.851.395,33
Biaya tak langsung	= Rp 447.077.261,01 – Rp 9.512.282,15
	= Rp 430.430.767,25
Total cost	= Rp 7.526.851.395,33 + Rp 430.430.767,25
	= Rp 7.957.282.162,58
Lintasan kritis	= Tetap

10. Tahap IX

Cost slope pada aktivitas (B.14) Tee y pipa ϕ 100 mm = Rp 168.305,46 dengan pengurangan durasi = 1 hari

Durasi setelah kompresi	= 5 - 1 = 4 hari
Biaya langsung	= Rp 7.526.851.395,33 + Rp 168.305,46
	= Rp 7.527.019.700,79
Biaya tak langsung	= Rp 430.430.767,25 – Rp 9.512.282,15
	= Rp 428.052.696,72
Total cost	= Rp 7.527.019.700,79 + Rp 428.052.696,72
	= Rp 7.955.072.397,51
Lintasan kritis	= Tetap

11. Tahap X

Cost slope pada aktivitas (B.1) Bongkaran keramik = Rp 215.007,36 dengan pengurangan durasi = 2 hari

Durasi setelah kompresi	= 9 - 2 = 7 hari
Biaya langsung	= Rp 7.527.019.700,79 + Rp 430.014,72
	= Rp 7.527.449.715,51
Biaya tak langsung	= Rp 428.052.696,72 – Rp 4.756.141,07
	= Rp 423.296.555,64
Total cost	= Rp 7.527.449.715,51 + Rp 423.296.555,64
	= Rp 7.950.746.271,15
Lintasan kritis	= Tetap

12. Tahap XI

Cost slope pada aktivitas (B.15) Urugan pasir untuk bedding I = Rp 231.582,29

dengan pengurangan durasi = 1 hari

Durasi setelah kompresi = $6 - 1 = 5$ hari

Biaya langsung = Rp 7.527.449.715,51 + Rp 231.582,29
= Rp 7.527.449.715,51

Biaya tak langsung = Rp 423.296.555,64 – Rp 2.378.070,54
= Rp 420.918.485,10

Total cost = Rp 7.527.449.715,51 + Rp 420.918.485,10
= Rp 7.948.394.156,28

Lintasan kritis = A.3 – B.1 – B.2 – B.4 – B.6 – B.8 – B.12 – B.13 – B.14
– B.15 – B.16 – B.17 – B.18 – F.1 – F.2 – F.3

13. Tahap XII

Cost slope pada aktivitas (F.3) Marka jalan = Rp 456.577,50 dengan pengurangan durasi = 1 hari

Durasi setelah kompresi = $6 - 1 = 5$ hari

Biaya langsung = Rp 7.527.449.715,51 + Rp 7.607.726,60
= Rp 7.528.137.875,30

Biaya tak langsung = Rp 420.918.485,10 – Rp 2.378.070,54
= Rp 418.540.414,57

Total cost = Rp 7.528.137.875,30 + Rp 418.540.414,57
= Rp 7.946.704.245,54

Lintasan kritis = Tetap

14. Tahap XIII

Cost slope pada aktivitas (F.1) Overlay Ashpal = Rp 5.153.943,30 dengan pengurangan durasi = 2 hari

Durasi setelah kompresi = $17 - 2 = 15$ hari

Biaya langsung = Rp 7.528.137.875,30 + Rp 10.307.886,60
= Rp 7.538.445.761,90

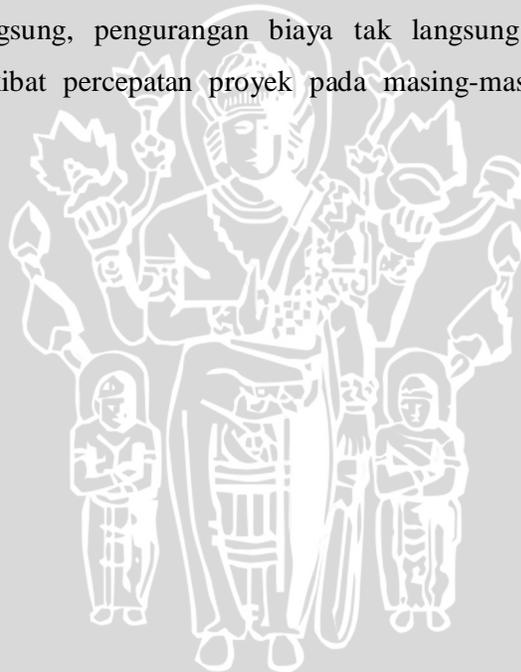
Biaya tak langsung = Rp 418.540.414,57 – Rp 4.756.141,07
= Rp 413.784.273,49

Total cost = Rp 7.538.445.761,90 + Rp 413.784.273,49
= Rp 7.952.255.991,06

Lintasan kritis = Tetap

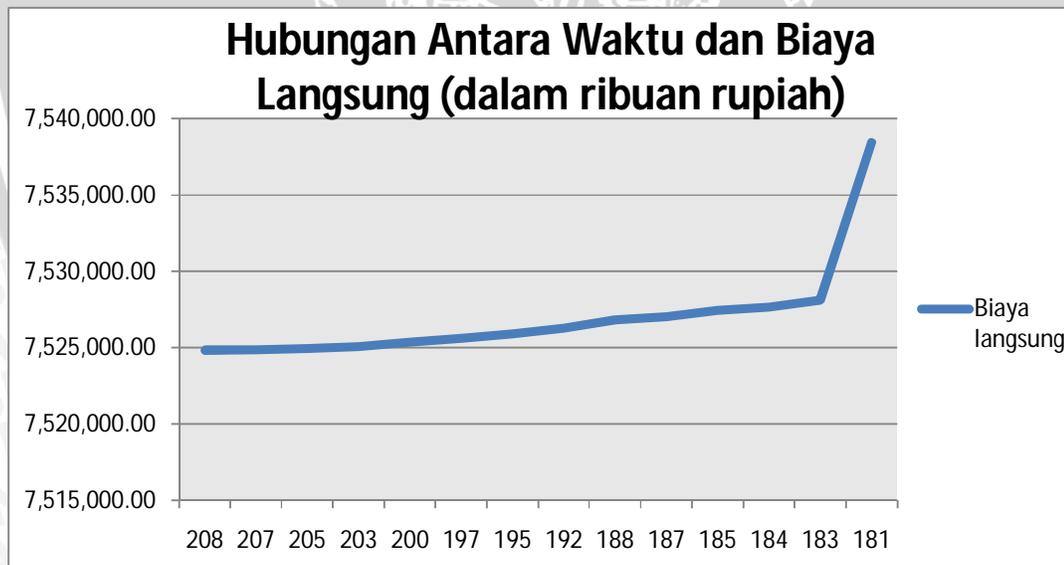
Dari hasil pengkompresian diatas, maka didapatkan waktu pengerjaan yang paling minimal adalah 181 hari, dan lintasan kritisnya berubah menjadi : A.3 Survey dan penyelidikan bawah tanah – B.1 Bongkaran keramik – B.2 Bongkaran paving – B.4 Bongkaran batu sikat – B.6 Galian tanah – B.8 Pipa ϕ 100 mm – B.12 Elbow 900 pipa ϕ 100 mm – B.13 Elbow 450 pipa ϕ 100 mm – B.14 Tee Y pipa ϕ 100 mm – B.15 Urugan pasir untuk bedding I – B.16 Bak kontrol – B.17 Flushing – B.18 Desinfektan pada dinding septictank – F.1 Overlay ashpal – F.2 Lapen, 7 cm – F.3 Marka jalan. Hasil pengolahan menggunakan *Microsoft office project 2003* dapat dilihat pada **lampiran 2.**

Berikut merupakan hasil perhitungan Analisis *Time Cost Trade Off* berupa penambahan biaya langsung, pengurangan biaya tak langsung dan pengaruhnya terhadap biaya total akibat percepatan proyek pada masing-masing kegiatan yang dipercepat:



Tabel 4.6 Perhitungan biaya langsung pada penambahan jam kerja

No	Uraian kegiatan	Umur Proyek (hari)	Tambahan biaya (Rp)	Penambahan biaya langsung (Rp)
1		208		7.524.854.176,36
2	Bongkaran batu sikat	207	18.758,26	7.524.872.934,62
3	Bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang	205	99.750,00	7.524.972.684,62
4	Lapen	203	119.160,00	7.525.091.844,62
5	Elbow 900 pipa ø 100 mm	200	258.798,78	7.525.350.643,40
6	Pembersihan lokasi	197	276.219,27	7.525.626.862,67
7	Desinfektan pada dinding septictank	195	255.868,64	7.525.882.731,31
8	Bongkaran paving	192	389.743,86	7.526.272.475,17
9	Flushing	188	578.920,16	7.526.851.395,33
10	Tee y pipa ø 100 mm	187	168.305,46	7.527.019.700,79
11	Bongkaran keramik	185	430.014,72	7.527.449.715,51
12	Urugan pasir untuk bedding I	184	231.582,29	7.527.681.297,80
13	Marka jalan	183	456.577,50	7.528.137.875,30
14	Overlay ashpal	181	10.307.886,60	7.538.445.761,90

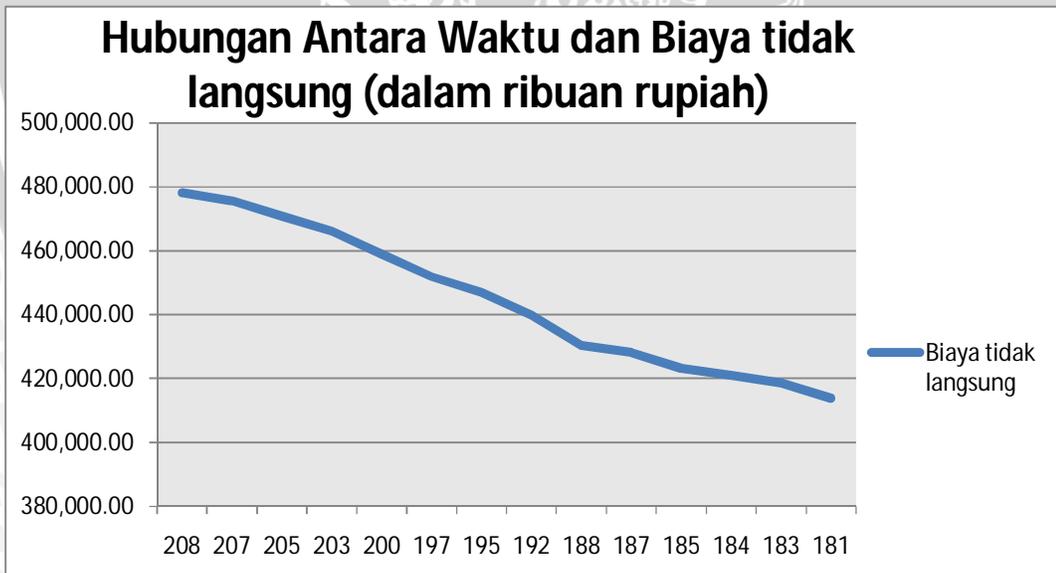


Gambar 4.1 Grafik hubungan waktu dan biaya langsung

Analisis dari grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa akibat proses percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* nilai biaya langsung (*direct cost*) mengalami peningkatan seiring dengan percepatan durasi pelaksanaan proyek.

Tabel 4.7 Perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan jam kerja

No	Uraian kegiatan	Pengurangan waktu (hari)	Pengurangan biaya (Rp)	Pengurangan biaya tidak langsung (Rp)
1		208		477.992.178,00
2	Bongkaran batu sikat	207	2.378.070,54	475.614.107,46
3	Bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang	205	4.756.141,07	470.857.966,39
4	Lapen	203	4.756.141,07	466.101.825,31
5	Elbow 900 pipa ø 100 mm	200	7.134.211,61	458.967.613,70
6	Pembersihan lokasi	197	7.134.211,61	451.833.402,09
7	Desinfektan pada dinding septictank	195	4.756.141,07	447.077.261,01
8	Bongkaran paving	192	7.134.211,61	439.943.049,40
9	Flushing	188	9.512.282,15	430.430.767,25
10	Tee y pipa ø 100 mm	187	2.378.070,54	428.052.696,72
11	Bongkaran keramik	185	4.756.141,07	423.296.555,64
12	Urugan pasir untuk bedding I	184	2.378.070,54	420.918.485,10
13	Marka jalan	183	2.378.070,54	418.540.414,57
14	Overlay ashpal	181	4.756.141,07	413.784.273,49

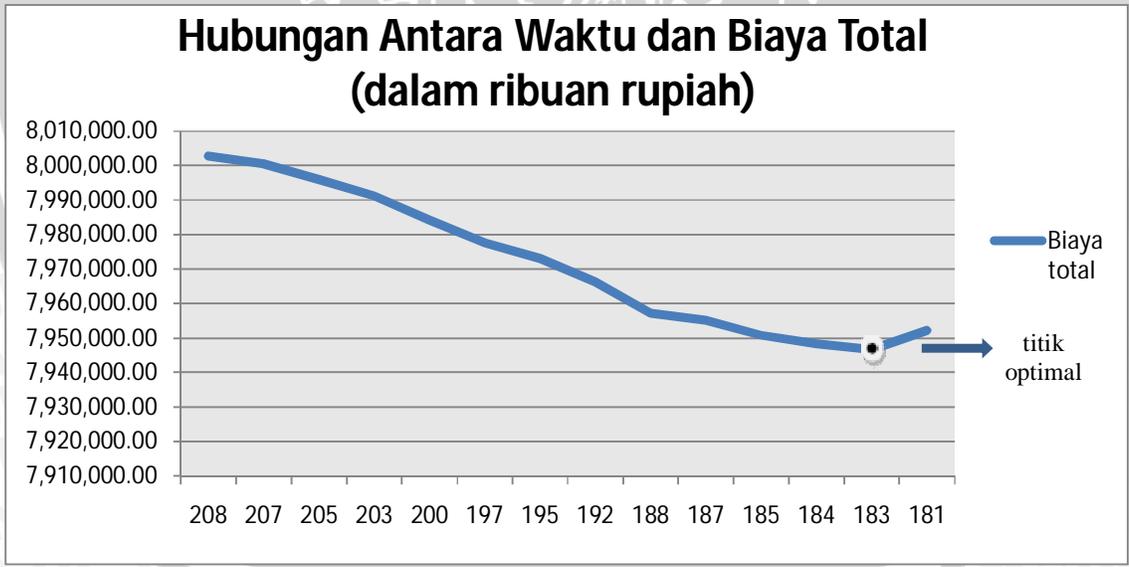


Gambar 4.2 Grafik hubungan waktu dan biaya tidak langsung

Analisis dari grafik pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa biaya tidak langsung proyek akan terus berkurang seiring dengan percepatan durasi pelaksanaan proyek.

Tabel 4.8 Perhitungan Biaya Total Penambahan Jam Kerja

No	Uraian kegiatan	Pengurangan waktu (hari)	Pengurangan biaya tak langsung (Rp)	Penambahan biaya langsung (Rp)	Biaya Total
1		208	477.992.178,00	7.524.854.176,36	8.002.846.354,36
2	Bongkaran batu sikat	207	475.614.107,46	7.524.872.934,62	8.000.487.042,08
3	Bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang	205	470.857.966,39	7.524.972.684,62	7.995.830.651,01
4	Lapen	203	466.101.825,31	7.525.091.844,62	7.991.193.669,93
5	Elbow 900 pipa ø 100 mm	200	458.967.613,70	7.525.350.643,40	7.984.318.257,10
6	Pembersihan lokasi	197	451.833.402,09	7.525.626.862,67	7.977.460.264,76
7	Desinfektan pada dinding septictank	195	447.077.261,01	7.525.882.731,31	7.972.959.992,32
8	Bongkaran paving	192	439.943.049,40	7.526.272.475,17	7.966.215.524,57
9	Flushing	188	430.430.767,25	7.526.851.395,33	7.957.282.162,58
10	Tee y pipa ø 100 mm	187	428.052.696,72	7.527.019.700,79	7.955.072.397,51
11	Bongkaran keramik	185	423.296.555,64	7.527.449.715,51	7.950.746.271,15
12	Urugan pasir untuk bedding I	184	420.918.485,10	7.527.475.671,18	7.948.394.156,28
13	Marka jalan	183	418.540.414,57	7.528.163.830,97	7.946.704.245,54
14	Overlay ashpal	181	413.784.273,49	7.538.471.717,57	7.952.255.991,06



Gambar 4.3 Grafik hubungan waktu dan biaya total jam lembur

Biaya total proyek merupakan penjumlahan antara biaya langsung dan biaya tak langsung proyek. Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa biaya total proyek mengalami penurunan hingga durasi proyek mencapai 183 hari, kemudian biaya total meningkat lagi ketika proyek dipercepat hingga 181 hari.

4.4.2.3 Analisa perbandingan antara kondisi percepatan dengan penambahan jam kerja dan kondisi aktual proyek

Dari analisa percepatan menggunakan perhitungan *time-cost trade off* dengan alternatif penambahan jam kerja pada proyek pembangunan jaringan air limbah DSDP Denpasar didapatkan bahwa proyek memiliki peluang untuk mempercepat waktu penyelesaian yang optimal sampai 25 hari, sehingga total waktu pelaksanaan proyek menjadi 183 hari dengan total biaya proyek adalah sebesar Rp 7.946.704.245,54 dengan rincian biaya langsung adalah Rp 7.528.163.830,97 dan biaya tak langsung sebesar Rp. 418.540.414,57. Sedangkan berdasarkan pada data aktual yang terlampir pada **lampiran 6** didapatkan bahwa proyek diselesaikan selama 188 hari dimana waktu penyelesaian proyek mengalami percepatan selama 20 hari dari perencanaan awal. Total biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan selama 188 hari adalah sebesar Rp 8.014.379.872,23. Pada kondisi aktual ini, realisasi biaya langsung proyek mengalami peningkatan menjadi Rp. 7.575.323.488,00 dan realisasi biaya tidak langsung proyek juga mengalami peningkatan menjadi Rp. 491.325.001,00.

Dengan menggunakan perhitungan *time-cost trade off* dapat ditentukan kegiatan-kegiatan mana saja yang memiliki pengaruh besar terhadap waktu penyelesaian proyek dan kegiatan yang memiliki peningkatan biaya terkecil akibat pengurangan waktu penyelesaian proyek sehingga memungkinkan didapatkan hasil percepatan yang optimal. Dengan perhitungan *time-cost trade off*, waktu penyelesaian proyek dapat dihemat sebesar 12,02% dan penghematan biaya total sebesar 0,70% sedangkan pada waktu aktual proyek didapat penghematan waktu sebesar 9,6% dengan peningkatan biaya total sebesar 0,14%.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisa hasil yang telah dikemukakan sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa langkah percepatan proyek tidak selalu berakibat pada penambahan biaya total proyek, karena waktu yang terdapat dalam kontrak belum tentu waktu optimal. Berdasarkan analisis *Time Cost Trade Off* dapat dilihat adanya efisiensi waktu dan biaya proyek dengan berkurangnya durasi dan biaya total proyek.

1. Dari analisa waktu pelaksanaan proyek yang telah dilakukan didapat bahwa:
 - a. Durasi normal proyek adalah 208 hari, dengan lintasan kritis sebagai berikut: A.1 Pembersihan Lokasi – A.2 Persiapan bangunan kontraktor, workshop dan gudang – A.6 Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas – B.1 Bongkaran keramik – B.2 Bongkaran paving – B.4 Bongkaran batu sikat – B.6 Galian tanah – B.8 Pipa \varnothing 100 mm – B.12 Elbow 900 pipa \varnothing 100 mm – B.13 Elbow 450 pipa \varnothing 100 mm – B.14 Tee Y pipa \varnothing 100 mm – B.15 Urugan pasir untuk bedding I – B.16 Bak kontrol – B.17 Flushing – B.18 Desinfektan pada dinding septictank – D.14 Pemasangan paving – F.1 Overlay aspal – F.2 Lapen, 7 cm – F.3 Marka jalan.
 - b. Waktu pelaksanaan optimum adalah selama 183 hari dengan lintasan kritis sebagai berikut: A.3 Survey dan penyelidikan bawah tanah – B.1 Bongkaran keramik – B.2 Bongkaran paving – B.4 Bongkaran batu sikat – B.6 Galian tanah – B.8 Pipa \varnothing 100 mm – B.12 Elbow 900 pipa \varnothing 100 mm – B.13 Elbow 450 pipa \varnothing 100 mm – B.14 Tee Y pipa \varnothing 100 mm – B.15 Urugan pasir untuk bedding I – B.16 Bak kontrol – B.17 Flushing – B.18 Desinfektan pada dinding septictank – F.1 Overlay aspal – F.2 Lapen, 7 cm – F.3 Marka jalan.
2. Pada kondisi normal biaya proyek adalah sebesar Rp 8.002.846.354,36 yang terdiri dari biaya langsung sebesar Rp 7.524.854.176,36 dan biaya tak langsung untuk *overhead* sebesar Rp 477.992.178,00. Sedangkan perubahan biaya proyek akibat penambahan jam lembur yaitu Rp 7.946.704.245,54. Perubahan ini

diakibatkan perubahan biaya langsung menjadi Rp 7.528.137.875,30 dan biaya tak langsung sebesar Rp 418.540.414,57. Biaya minimal yang didapat sebesar yaitu lebih kecil 0,70 % dari biaya proyek pada waktu normal.

5.2 Saran

Dari keseluruhan pembahasan dan kesimpulan analisa ini, maka ada beberapa saran yang perlu diberikan antara lain:

1. Dari sisi akademik
 - a. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan lebih banyak lagi alternatif percepatan agar diperoleh waktu dan biaya proyek yang optimal.
2. Dari sisi aplikatif
 - a. Sebelum melakukan aktivitas penjadwalan, hendaknya disiapkan terlebih dahulu data-data yang berkaitan secara langsung dengan pelaksanaan proyek secara lengkap.
 - b. Dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan penambahan jam kerja atau lembur sebaiknya pengawasan dan pengendalian proyek perlu ditingkatkan agar kualitas proyek tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Tubagus Haedar. 1992. *Prinsip-Prinsip Network Planning*. Jakarta: Gramedia.
- Anonimous. *Critical Path Analysis and PERT Charts*. <http://www.mindtools.com/critpath.html>. (29 November 2008)
- Anonimous. *Project Management*. http://www.en.wikipedia.org/wiki/Project_management. (30 Mei 2009).
- Antill, James M & Ronald W. Woodhead. 1990. *Critical Path Methods in Construction Practice*. Canada: John Wiley & Sons.
- Dillworth, James B.1993. *Production and Operation Management*. United states: McGraw-Hill, Inc
- Levin, Richard I & Charles A. Kirkpatrick. 1997. *Perencanaan dan Pengendalian dengan PERT dan CPM*. Jakarta: Balai aksara.
- Magister Kebijakan Manajemen dan Pelayanan Kesehatan FK UGM. *Panduan Menggunakan Microsoft Project*. www.kmpk.ugm.ac.id/data/tutorial/Project%202003.pdf. (1 Juni 2009).
- Nugraha, Paulus Ishak Nathan dan R. Sucipto. 1986. *Manajemen Proyek Konstruksi Jilid 2*. Surabaya: Kartika Yudha.
- Oberlender, Garold D. 2000. *Project Management for Engineering and Construction*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Santoso, Budi. 2003. *Manajemen Proyek*. Surabaya: Guna Widya.
- Siswojo. *Pokok-Pokok Project Management PERT dan CPM*. 1981. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Iman. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. 1997. Jakarta: Erlangga.
- Sutomo, Kajatno. 1977. *Uraian Lengkap Methode Network Planning*. Jakarta: Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum

lampiran 3: Perhitungan *Cost Slope* masing-masing aktivitas

A. Pekerjaan persiapan dan umum

1. Pembersihan lokasi

- Volume = 750,41 m²
- Normal duration = 14 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.129,50
- Produktivitas / hari = 750,41 / 14 = 53,60 m²/hari
- Produktivitas / jam = 53,60 / 8 = 6,7 m²/jam
- Biaya normal / hari = Rp 1.129,50 x 53,60 = Rp 60.541,20
- Biaya normal / jam = Rp 1.129,50 x 6,7 = Rp 7.567,65
- Biaya normal total (14 hari) = Rp 60.541,20 x 14 = Rp 847.576,80

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 7.567,65) + 2 (2 x Rp 7.567,65)
= Rp 41.622,08
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 6,7) + (3 x 0,8 x 6,7)
= 69,68 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 69,68 / 11 = 6,34 m²/jam
- Durasi setelah *crash* = 750,41 / 69,68 = 10,77 ≈ 11 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 41.622,08 + Rp 60.541,20 = Rp 102.163,28
- Biaya total (11 hari) = Rp 102.163,28 x 11 = Rp 1.123.796,08
- *Cost slope* = (Rp 1.123.796,08 - Rp 847.576,80) / (14-11)
= Rp 92.073,09

2. Persiapan bangunan kantor kontraktor, workshop & gudang

- Volume = 1 Ls
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = Rp 285.000,00
- Produktivitas / hari = 1 / 10 = 0,1 Ls/hari
- Produktivitas / jam = 0,1 / 8 = 0,0125 Ls/jam
- Biaya normal / hari = Rp 285.000,00 x 0,1 = Rp 28.500,00
- Biaya normal / jam = Rp 285.000,00 x 0,0125 = Rp 3.562,50
- Biaya normal total (10 hari) = Rp 28.500,00 x 10 = Rp 285.000,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 3.562,50) + 2 (2 \times \text{Rp } 3.562,50)$
= Rp 19.593,75
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,0125) + (3 \times 0,8 \times 0,0125)$
= 0,13 Ls/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,13 / 11 = 0,01 \text{ Ls/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1 / 0,13 = 7,69 \approx 8 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 19.593,75 + \text{Rp } 28.500,00 = \text{Rp } 48.093,75$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 48.093,75 \times 8 = \text{Rp } 384.750,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 384.750,00 - \text{Rp } 285.000,00) / (10-8)$
= Rp 49.875,00

3. Survey dan Penyelidikan bawah tanah

- Volume = 5.959,62 m
- Normal duration = 29 hari
- Biaya satuan upah = Rp 843,39
- Produktivitas / hari = $5.959,62 / 29 = 205,50 \text{ m/hari}$
- Produktivitas / jam = $205,50 / 8 = 25,69 \text{ m/jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 843,39 \times 205,50 = \text{Rp } 173.316,65$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 843,39 \times 25,69 = \text{Rp } 21.666,69$
- Biaya normal total (29 hari) = $\text{Rp } 173.316,65 \times 29 = \text{Rp } 5.026.182,85$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 21.666,69) + 2 (2 \times \text{Rp } 21.666,69)$
= Rp 119.166,80
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 25,69) + (3 \times 0,8 \times 25,69)$
= 267,18 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $267,18 / 11 = 24,29 \text{ m/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $5.959,62 / 267,18 = 22,31 \approx 22 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 119.166,80 + \text{Rp } 5.026.182,85$
= Rp 5.145.349,65
- Biaya total (22 hari) = $\text{Rp } 5.145.349,65 \times 22 = \text{Rp } 113.197.692,30$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 113.197.692,30 - \text{Rp } 5.026.182,85) / (29 - 22)$
= Rp 15.453.072,79

4. Pasang papan nama proyek

- Volume = 2 unit
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 120.000,00
- Produktivitas / hari = $2 / 5 = 0,4$ unit/hari
- Produktivitas / jam = $0,4 / 8 = 0,05$ unit/jam
- Biaya normal / hari = Rp 120.000,00 x 0,4 = Rp 48.000,00
- Biaya normal / jam = Rp 120.000,00 x 0,05 = Rp 6.000,00
- Biaya normal total (5 hari) = Rp 48.000,00 x 5 = Rp 240.000,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.000,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.000,00)$
= Rp 33.000,00
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,05) + (3 \times 0,8 \times 0,05)$
= 0,52 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,52 / 11 = 0,047$ unit/jam
- Durasi setelah *crash* = $2 / 0,52 = 3,85 \approx 4$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 33.000,00 + Rp 48.000,00 = Rp 81.000,00
- Biaya total (4 hari) = Rp 81.000,00 x 4 = Rp 324.000,00
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.123.796,08 - \text{Rp } 847.576,80) / (14-11)$
= Rp 92.073,09

5. Penyediaan lokasi pembuangan sisa galian

- Volume = 1 Ls
- Normal duration = 7 hari
- Biaya satuan upah = Rp 570.000,00
- Produktivitas / hari = $1 / 7 = 0,14$ Ls/hari
- Produktivitas / jam = $0,14 / 8 = 0,0175$ Ls/jam
- Biaya normal / hari = Rp 570.000,00 x 0,14 = Rp 79.800,00
- Biaya normal / jam = Rp 570.000,00 x 0,0175 = Rp 9.975,00
- Biaya normal total (7 hari) = Rp 79.800,00 x 7 = Rp 558.600,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 9.975,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 9.975,00)$
= Rp 54.862,50

- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,0175) + (3 \times 0,8 \times 0,0175)$
= 0,182 Ls/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,182 / 11 = 0,02$ Ls/jam
- Durasi setelah *crash* = $1 / 0,182 = 5,50 \approx 6$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 54.862,50 + \text{Rp } 79.800,00 = \text{Rp } 134.662,50$
- Biaya total (6 hari) = $\text{Rp } 134.662,50 \times 6 = \text{Rp } 807.975,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 807.975,00 - \text{Rp } 558.600,00) / (7-6)$
= $\text{Rp } 249.375,00$

6. Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas

- Volume = 1 Ls
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 570.000,00$
- Produktivitas / hari = $1 / 10 = 0,1$ Ls/hari
- Produktivitas / jam = $0,1 / 8 = 0,0125$ Ls/jam
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 570.000,00 \times 0,1 = \text{Rp } 57.000,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 570.000,00 \times 0,0125 = \text{Rp } 7.125,00$
- Biaya normal total (10 hari) = $\text{Rp } 57.000,00 \times 10 = \text{Rp } 570.000,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 7.125,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 7.125,00)$
= $\text{Rp } 39.187,50$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,0125) + (3 \times 0,8 \times 0,0125)$
= 0,13 Ls/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,13 / 11 = 0,01$ /jam
- Durasi setelah *crash* = $1 / 0,13 = 7,69 \approx 8$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 39.187,50 + \text{Rp } 57.000,00 = \text{Rp } 96.187,50$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 96.187,50 \times 8 = \text{Rp } 769.500,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 769.500,00 - \text{Rp } 570.000,00) / (10-8)$
= $\text{Rp } 99.750,00$

B. Pekerjaan sambungan rumah

2. Bongkaran keramik

- Volume = $1.104,79 \text{ m}^2$
- Normal duration = 9 hari

- Biaya satuan upah = Rp 1.246,50
- Produktivitas / hari = $1.104,79 / 9 = 122,75 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $122,75 / 8 = 15,34 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.246,50 \times 122,75 = \text{Rp } 153.007,88$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.246,50 \times 15,34 = \text{Rp } 19.121,31$
- Biaya normal total (9 hari) = $\text{Rp } 153.007,88 \times 9 = \text{Rp } 1.377.070,92$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 19.121,31) + 2 (2 \times \text{Rp } 19.121,31)$
= Rp 105.167,21
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 15,34) + (3 \times 0,8 \times 15,34)$
= $159,54 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $159,54 / 11 = 14,50 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1.104,79 / 159,54 = 6,93 \approx 7 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 105.167,21 + \text{Rp } 153.007,88$
= Rp 258.175,09
- Biaya total (7 hari) = $\text{Rp } 258.175,09 \times 7 = \text{Rp } 1.807.225,63$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.807.225,63 - \text{Rp } 1.377.070,92) / (9-7)$
= Rp 215.007,36

3. Bongkaran paving

- Volume = $1.595,96 \text{ m}^2$
- Normal duration = 11 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.074,00
- Produktivitas / hari = $1.595,96 / 11 = 145,09 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $145,09 / 8 = 18,14 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.074,00 \times 145,09 = \text{Rp } 155.826,66$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.074,00 \times 18,14 = \text{Rp } 19.482,36$
- Biaya normal total (11 hari) = $\text{Rp } 155.826,66 \times 11 = \text{Rp } 1.714.093,26$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 19.482,36) + 2 (2 \times \text{Rp } 19.482,36)$
= Rp 107.152,98
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 18,14) + (3 \times 0,8 \times 18,14)$
= $188,66 \text{ m}^2/\text{hari}$

- Produktivitas / jam setelah *crash* = $188,66 / 11 = 17,15 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1.595,96 / 188,66 = 8,46 \approx 8 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 107.152,98 + \text{Rp } 155.826,66$
= $\text{Rp } 262.979,64$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 262.979,64 \times 8 = \text{Rp } 2.103.837,12$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 2.103.837,12 - \text{Rp } 1.714.093,26) / (11-8)$
= $\text{Rp } 129.914,62$

4. Bongkaran rabat beton

- Volume = $150,11 \text{ m}^3$
- Normal duration = 4 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 3.493,50$
- Produktivitas / hari = $150,11 / 4 = 37,53 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $37,53 / 8 = 4,69 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 3.493,50 \times 37,53 = \text{Rp } 131.111,06$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 3.493,50 \times 4,69 = \text{Rp } 16.384,52$
- Biaya normal total (4 hari) = $\text{Rp } 131.111,06 \times 4 = \text{Rp } 524.444,24$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 16.384,52) + 2 (2 \times \text{Rp } 16.384,52)$
= $\text{Rp } 90.114,86$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 4,69) + (3 \times 0,8 \times 4,69)$
= $48,78 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $48,78 / 11 = 4,44 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $150,11 / 48,78 = 3,08 \approx 3 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 90.114,86 + \text{Rp } 131.111,06$
= $\text{Rp } 221.225,92$
- Biaya total (3 hari) = $\text{Rp } 221.225,92 \times 3 = \text{Rp } 663.677,76$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 663.677,76 - \text{Rp } 524.444,24) / (4-3)$
= $\text{Rp } 139.233,52$

5. Bongkaran batu sikat

- Volume = $25,19 \text{ m}^2$
- Normal duration = 3 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 5.955,00$
- Produktivitas / hari = $25,19 / 3 = 8,40 \text{ m}^2/\text{hari}$

- Produktivitas / jam = $8,40 / 8 = 1,05 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 5.955,00 \times 8,40 = \text{Rp } 50.022,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 5.955,00 \times 1,05 = \text{Rp } 6.252,75$
- Biaya normal total (3 hari) = $\text{Rp } 50.022,00 \times 3 = \text{Rp } 150.066,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.252,75) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.252,75)$
= $\text{Rp } 34.390,13$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,05) + (3 \times 0,8 \times 1,05)$
= $10,92 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $10,92 / 11 = 0,99 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $25,19 / 10,92 = 2,31 \approx 2 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 34.390,13 + \text{Rp } 50.022,00$
= $\text{Rp } 84.412,13$
- Biaya total (2 hari) = $\text{Rp } 84.412,13 \times 2 = \text{Rp } 168.824,26$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 168.824,26 - \text{Rp } 150.066,00) / (3-2)$
= $\text{Rp } 18.758,26$

6. Bongkaran batu kali

- Volume = $27,44 \text{ m}^3$
- Normal duration = 4 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 5.464,50$
- Produktivitas / hari = $27,44 / 4 = 6,86 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $6,86 / 8 = 0,86 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 5.464,50 \times 6,86 = \text{Rp } 37.486,47$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 5.464,50 \times 0,86 = \text{Rp } 4.699,47$
- Biaya normal total (4 hari) = $\text{Rp } 37.486,47 \times 4 = \text{Rp } 149.945,88$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 4.699,47) + 2 (2 \times \text{Rp } 4.699,47)$
= $\text{Rp } 25.847,08$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,86) + (3 \times 0,8 \times 0,86)$
= $8,94 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $8,94 / 11 = 0,81 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $27,44 / 8,94 = 3,07 \approx 3 \text{ hari}$

- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 25.847,08 + Rp 37.486,47
= Rp 63.333,55
- Biaya total (3 hari) = Rp 63.333,55 x 3 = Rp 190.000,65
- *Cost slope* = (Rp 190.000,65 - Rp 149.945,88) / (4-3)
= Rp 40.054,77

7. Galian tanah

- Volume = 3.440,91 m³
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.214,00
- Produktivitas / hari = 3.440,91 / 10 = 344,09 m³/hari
- Produktivitas / jam = 344,09 / 8 = 43,01 m³/jam
- Biaya normal / hari = Rp 1.214,00 x 344,09 = Rp 417.725,26
- Biaya normal / jam = Rp 1.214,00 x 43,01 = Rp 52.214,14
- Biaya normal total (10 hari) = Rp 417.725,26 x 10 = Rp 4.177.252,60

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 52.214,14) + 2 (2 x Rp 52.214,14)
= Rp 2.871.177,77
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 43,01) + (3 x 0,8 x 43,01)
= 477,30 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 477,30 / 11 = 43,39 m³/jam
- Durasi setelah *crash* = 3.440,91 / 477,30 = 7,21 ≈ 7 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 2.871.177,77 + Rp 417.725,26
= Rp 3.288.903,03
- Biaya total (7 hari) = Rp 3.288.903,03 x 7 = Rp 23.022.321,21
- *Cost slope* = (Rp 23.022.321,21 - Rp 4.177.252,60)/(10-7)
= Rp 6.281.689,54

8. Pipa ø 75 mm

- Volume = 20 m
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 18.375,00
- Produktivitas / hari = 20 / 5 = 4 m/hari
- Produktivitas / jam = 4 / 8 = 0,5 m/jam
- Biaya normal / hari = Rp 18.375,00 x 4 = Rp 73.500,00

- Biaya normal / jam = Rp 18.375,00 x 0,5 = Rp 9.187,50
- Biaya normal total (5 hari) = Rp 73.500,00 x 5 = Rp 367.500,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 9.187,50) + 2 (2 \times \text{Rp } 9.187,50)$
= Rp 50.531,25
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,5) + (3 \times 0,8 \times 0,5)$
= 5,2 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $5,2 / 11 = 0,47 \text{ m/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $20 / 5,2 = 3,85 \approx 4 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 50.531,25 + \text{Rp } 73.500,00$
= Rp 124.031,25
- Biaya total (4 hari) = $\text{Rp } 124.031,25 \times 4 = \text{Rp } 496.125,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 496.125,00 - \text{Rp } 367.500,00) / (5-4)$
= Rp 128.625,00

9. Pipa \varnothing 100 mm

- Volume = 11.530,88 m
- Normal duration = 14 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.334,25
- Produktivitas / hari = $11.530,88 / 14 = 823,63 \text{ m/hari}$
- Produktivitas / jam = $823,63 / 8 = 102,95 \text{ m/jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.334,25 \times 823,63 = \text{Rp } 1.098.928,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.334,25 \times 102,95 = \text{Rp } 137.361,04$
- Biaya normal total (14 hari) = $\text{Rp } 1.098.928,00 \times 14 = \text{Rp } 15.384.992,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 137.361,04) + 2 (2 \times \text{Rp } 137.361,04)$
= Rp 755.485,72
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 102,95) + (3 \times 0,8 \times 102,95)$
= 1.070,68 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $1.070,68 / 11 = 97,34 \text{ m/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $11.530,88 / 1.070,68 = 10,77 \approx 11 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 755.485,72 + \text{Rp } 1.098.928,00$
= Rp 1.854.413,72
- Biaya total (11 hari) = $\text{Rp } 1.854.413,72 \times 11 = \text{Rp } 20.398.550,92$

- *Cost slope* = $(Rp20.398.550,92 - Rp15.384.992,00) / (14 - 11)$
= Rp 1.671.186,31

10. Elbow 900 pipa ϕ 75 mm

- Volume = 10 Buah
- Normal duration = 8 hari
- Biaya satuan upah = Rp 15.500,00
- Produktivitas / hari = $10 / 8 = 1,25$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $1,25 / 8 = 0,15$ bh/jam
- Biaya normal / hari = $Rp 15.500,00 \times 1,25 = Rp 19.375,00$
- Biaya normal / jam = $Rp 15.500,00 \times 0,15 = Rp 2.325,00$
- Biaya normal total (8 hari) = $Rp 19.375,00 \times 8 = Rp 155.000,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp 2.325,00) + 2 (2 \times Rp 2.325,00)$
= Rp 12.787,50
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,15) + (3 \times 0,8 \times 0,15)$
= 1,56 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $1,56 / 11 = 0,14$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $10 / 1,56 = 6,41 \approx 6$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $Rp 12.787,50 + Rp 19.375,00 = Rp 32.162,50$
- Biaya total (6 hari) = $Rp 32.162,50 \times 6 = Rp 192.975,00$
- *Cost slope* = $(Rp 192.975,00 - Rp 155.000,00) / (8 - 6)$
= Rp 18.987,50

11. Elbow 450 pipa ϕ 75 mm

- Volume = 10 Buah
- Normal duration = 6 hari
- Biaya satuan upah = Rp 15.500,00
- Produktivitas / hari = $10 / 6 = 1,67$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $1,67 / 8 = 0,21$ bh/jam
- Biaya normal / hari = $Rp 15.500,00 \times 1,67 = Rp 25.885,00$
- Biaya normal / jam = $Rp 15.500,00 \times 0,21 = Rp 3.255,00$
- Biaya normal total (6 hari) = $Rp 25.885,00 \times 6 = Rp 155.310,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam

- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 3.255,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 3.255,00)$
= Rp 17.902,50
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,21) + (3 \times 0,8 \times 0,21)$
= 2,18 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $2,18 / 11 = 0,20$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $10 / 2,18 = 4,59 \approx 5$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 17.902,50 + \text{Rp } 25.885,00 = \text{Rp } 43.787,50$
- Biaya total (5 hari) = $\text{Rp } 43.787,50 \times 5 = \text{Rp } 218.937,50$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 218.937,50 - \text{Rp } 155.310,00) / (6-5)$
= Rp 63.627,50

12. Tee y pipa \varnothing 75 mm

- Volume = 5 Buah
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = Rp 19.000,00
- Produktivitas / hari = $5 / 2 = 2,5$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $2,5 / 8 = 0,31$ bh/jam
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 19.000,00 \times 2,5 = \text{Rp } 47.500,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 19.000,00 \times 0,31 = \text{Rp } 5.890,00$
- Biaya normal total (2 hari) = $\text{Rp } 47.500,00 \times 2 = \text{Rp } 95.000,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 5.890,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 5.890,00)$
= Rp 32.395,00
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,31) + (3 \times 0,8 \times 0,31)$
= 3,22 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $3,22 / 11 = 0,29$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $5 / 3,22 = 1,55 \approx 2$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 32.395,00 + \text{Rp } 47.500,00 = \text{Rp } 79.895,00$
- Biaya total (2 hari) = $\text{Rp } 79.895,00 \times 2 = \text{Rp } 159.790,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 159.790,00 - \text{Rp } 95.000,00) / (2-2)$
= Rp -

13. Elbow 900 pipa \varnothing 100 mm

- Volume = 208 Buah
- Normal duration = 11 hari

- Biaya satuan upah = Rp 5.493,50
- Produktivitas / hari = $208 / 11 = 18,91$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $18,91 / 8 = 2,36$ bh/jam
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 5.493,50 \times 18,91 = \text{Rp } 103.882,09$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 5.493,50 \times 2,36 = \text{Rp } 12.964,66$
- Biaya normal total (11 hari) = $\text{Rp } 103.882,09 \times 11 = \text{Rp } 1.142.702,99$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 12.964,66) + 2 (2 \times \text{Rp } 12.964,66)$
= Rp 71.305,63
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 2,36) + (3 \times 0,8 \times 2,36)$
= 24,54 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $24,54 / 11 = 2,23$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $208 / 24,54 = 8,48 \approx 8$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 71.305,63 + \text{Rp } 103.882,09 = \text{Rp } 175.187,72$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 175.187,72 \times 8 = \text{Rp } 1.401.501,76$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.401.501,76 - \text{Rp } 1.142.702,99) / (11-8)$
= Rp 86.266,26

14. Elbow 450 pipa \varnothing 100 mm

- Volume = 7 Buah
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = Rp 15.361,75
- Produktivitas / hari = $7 / 2 = 3,50$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $3,5 / 8 = 0,44$ bh/jam
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 15.361,75 \times 3,5 = \text{Rp } 53.766,13$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 15.361,75 \times 0,44 = \text{Rp } 6.759,17$
- Biaya normal total (2 hari) = $\text{Rp } 53.766,13 \times 2 = \text{Rp } 107.532,26$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.759,17) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.759,17)$
= Rp 37.175,44
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,44) + (3 \times 0,8 \times 0,44)$
= 4,58 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $4,58 / 11 = 0,42$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $7 / 4,58 = 1,53 \approx 2$ hari

- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 37.175,44 + Rp 53.766,13 = Rp90.941,57
- Biaya total (2 hari) = Rp 90.941,57 x 2 = Rp 181.883,14
- *Cost slope* = (Rp 181.883,14 - Rp 107.532,26) / (2-2)
= Rp -

15. Tee y pipa ϕ 100 mm

- Volume = 39 Buah
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 12.231,50
- Produktivitas / hari = $39 / 5 = 7,8$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $7,8 / 8 = 0,98$ bh/jam
- Biaya normal / hari = Rp 12.231,50 x 7,8 = Rp 95.405,70
- Biaya normal / jam = Rp 12.231,50 x 0,98 = Rp 11.986,87
- Biaya normal total (5 hari) = Rp 95.405,70 x 5 = Rp 477.028,50

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 11.986,87) + 2 (2 \times \text{Rp } 11.986,87)$
= Rp 65.927,79
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,98) + (3 \times 0,8 \times 0,98)$
= 10,19 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $10,19 / 11 = 0,93$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $39 / 10,19 = 3,83 \approx 4$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 65.927,79 + Rp 95.405,70 =
Rp161.333,49
- Biaya total (4 hari) = Rp161.333,49 x 4 = Rp 645.333,96
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 645.333,96 - \text{Rp } 477.028,50) / (5-4)$
= Rp 168.305,46

16. Urugan pasir untuk bedding

- Volume = 394,39 m³
- Normal duration = 6 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.444,50
- Produktivitas / hari = $394,39 / 6 = 65,73$ m³/hari
- Produktivitas / jam = $65,73 / 8 = 8,22$ m³/jam
- Biaya normal / hari = Rp 1.444,50 x 65,73 = Rp 94.946,99
- Biaya normal / jam = Rp 1.444,50 x 8,22 = Rp 11.873,79
- Biaya normal total (6 hari) = Rp 94.946,99 x 6 = Rp 569.681,91

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 11.873,79) + 2 (2 \times \text{Rp } 11.873,79)$
= Rp 65.305,85
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 8,22) + (3 \times 0,8 \times 8,22)$
= 85,49 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $85,49 / 11 = 7,77 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $394,39 / 85,49 = 4,61 \approx 5$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 65.305,85 + \text{Rp } 94.946,99$
= Rp 160.252,84
- Biaya total (5 hari) = $\text{Rp } 160.252,84 \times 5 = \text{Rp } 801.264,20$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 801.264,20 - \text{Rp } 569.681,91) / (6-5)$
= Rp 231.582,29

17. Bak kontrol

- Volume = 1.545 unit
- Normal duration = 45 hari
- Biaya satuan upah = Rp 6.445,50
- Produktivitas / hari = $1.545 / 45 = 34,33 \text{ unit/hari}$
- Produktivitas / jam = $34,33 / 8 = 4,29 \text{ unit/jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 6.445,50 \times 34,33 = \text{Rp } 221.274,02$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 6.445,50 \times 4,29 = \text{Rp } 27.651,20$
- Biaya normal total (45 hari) = $\text{Rp } 221.274,02 \times 45 = \text{Rp } 9.957.330,68$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 27.651,20) + 2 (2 \times \text{Rp } 27.651,20)$
= Rp 152.081,58
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 4,29) + (3 \times 0,8 \times 4,29)$
= 44,62 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $44,62 / 11 = 4,06 \text{ unit/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1.545 / 44,62 = 34,63 \approx 35$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 152.081,58 + \text{Rp } 221.274,02 = \text{Rp } 373.355,60$
- Biaya total (35 hari) = $\text{Rp } 373.355,60 \times 35 = \text{Rp } 13.067.446,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 13.067.446,00 - \text{Rp } 9.957.330,68) / (45-35)$
= Rp 311.011,53

18. Flushing

- Volume = 450 unit
- Normal duration = 17 hari
- Biaya satuan upah = Rp 4.426,50
- Produktivitas / hari = $450 / 17 = 26,47$ unit/hari
- Produktivitas / jam = $26,47 / 8 = 3,31$ unit/jam
- Biaya normal / hari = $Rp\ 4.426,50 \times 26,47 = Rp\ 117.169,46$
- Biaya normal / jam = $Rp\ 4.426,50 \times 3,31 = Rp\ 14.651,72$
- Biaya normal total (17 hari) = $Rp\ 117.169,46 \times 17 = Rp\ 1.991.880,82$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp\ 14.651,72) + 2 (2 \times Rp\ 14.651,72)$
= Rp 80.584,46
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 3,31) + (3 \times 0,8 \times 3,31)$
= 34,42 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $34,42 / 11 = 3,13$ unit/jam
- Durasi setelah *crash* = $450 / 34,42 = 13,07 \approx 13$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $Rp\ 80.584,46 + Rp\ 117.169,46 = Rp\ 197.753,92$
- Biaya total (13 hari) = $Rp\ 197.753,92 \times 13 = Rp\ 2.570.800,96$
- *Cost slope* = $(Rp\ 2.570.800,96 - Rp\ 1.991.880,82) / (17-13)$
= Rp 144.730,04

19. Desinfektan pada dinding septictank

- Volume = 586 unit
- Normal duration = 8 hari
- Biaya satuan upah = Rp 1.642,50
- Produktivitas / hari = $586 / 8 = 73,25$ unit/hari
- Produktivitas / jam = $73,25 / 8 = 9,16$ unit/jam
- Biaya normal / hari = $Rp\ 1.642,50 \times 73,25 = Rp\ 120.313,13$
- Biaya normal / jam = $Rp\ 1.642,50 \times 9,16 = Rp\ 15.045,30$
- Biaya normal total (8 hari) = $Rp\ 120.313,13 \times 8 = Rp\ 962.505,04$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp\ 15.045,30) + 2 (2 \times Rp\ 15.045,30)$
= Rp 82.749,15

- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 9,16) + (3 \times 0,8 \times 9,16)$
= 95,26 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $95,26 / 11 = 8,66$ unit/jam
- Durasi setelah *crash* = $586 / 95,26 = 6,15 \approx 6$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp}82.749,15 + \text{Rp}120.313,13 = \text{Rp}203.062,28$
- Biaya total (6 hari) = $\text{Rp}203.062,28 \times 6 = \text{Rp}1.218.373,68$
- *Cost slope* = $(\text{Rp}1.218.373,68 - \text{Rp}962.505,04) / (8-6)$
= $\text{Rp}127.934,32$

20. Pasangan keramik

- Volume = $1.088,29 \text{ m}^2$
- Normal duration = 18 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp}1.571,27$
- Produktivitas / hari = $1.088,29 / 18 = 60,46 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $60,46 / 8 = 7,56 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp}1.571,27 \times 60,46 = \text{Rp}94.998,98$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp}1.571,27 \times 7,56 = \text{Rp}11.878,80$
- Biaya normal total (18 hari) = $\text{Rp}94.998,98 \times 18 = \text{Rp}1.709.981,64$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp}11.878,80) + 2 (2 \times \text{Rp}11.878,80)$
= $\text{Rp}65.333,40$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 7,56) + (3 \times 0,8 \times 7,56)$
= $78,62 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $78,62 / 11 = 7,15 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1.088,29 / 78,62 = 13,84 \approx 13$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp}65.333,40 + \text{Rp}94.998,98$
= $\text{Rp}160.332,38$
- Biaya total (13 hari) = $\text{Rp}160.332,38 \times 13 = \text{Rp}2.084.320,94$
- *Cost slope* = $(\text{Rp}2.084.320,94 - \text{Rp}1.709.981,64) / (18-13)$
= $\text{Rp}74.867,86$

21. Pasangan paving sambungan rumah

- Volume = $1.550,84 \text{ m}^2$
- Normal duration = 16 hari

- Biaya satuan upah = Rp 1.653,00
- Produktivitas / hari = $1.550,84 / 16 = 96,93 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $96,93 / 8 = 12,12 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.653,00 \times 96,93 = \text{Rp } 160.225,29$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.653,00 \times 12,12 = \text{Rp } 20.034,36$
- Biaya normal total (16 hari) = $\text{Rp } 160.225,29 \times 16 = \text{Rp } 2.563.604,64$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 20.034,36) + 2 (2 \times \text{Rp } 20.034,36)$
= Rp 110.188,98
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 12,12) + (3 \times 0,8 \times 12,12)$
= $126,05 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $126,05 / 11 = 11,46 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1.550,84 / 126,05 = 12,30 \approx 12 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 110.188,98 + \text{Rp } 160.225,29$
= Rp 270.414,27
- Biaya total (12 hari) = $\text{Rp } 270.414,27 \times 12 = \text{Rp } 3.244.971,24$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 3.244.971,24 - \text{Rp } 2.563.604,64) / (16 - 12)$
= Rp 170.341,65

22. Pasangan rabat beton

- Volume = $128,12 \text{ m}^3$
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = Rp 9.449,03
- Produktivitas / hari = $128,12 / 10 = 12,81 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $12,81 / 8 = 1,60 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 9.449,03 \times 12,81 = \text{Rp } 121.042,07$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 9.449,03 \times 1,60 = \text{Rp } 15.118,45$
- Biaya normal total (10 hari) = $\text{Rp } 121.042,07 \times 10 = \text{Rp } 1.210.420,70$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 15.118,45) + 2 (2 \times \text{Rp } 15.118,45)$
= Rp 83.151,48
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,60) + (3 \times 0,8 \times 1,60)$
= $16,64 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Produktivitas / jam setelah *crash* = $16,64 / 11 = 1,51 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $128,12 / 16,64 = 7,70 \approx 8 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 83.151,48 + \text{Rp } 121.042,07$
= $\text{Rp } 204.193,55$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 204.193,55 \times 8 = \text{Rp } 1.633.548,40$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.633.548,40 - \text{Rp } 1.210.420,70) / (10-8)$
= $\text{Rp } 211.563,85$

23. Pasangan batu sikat

- Volume = $25,19 \text{ m}^3$
- Normal duration = 4 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 11.314,24$
- Produktivitas / hari = $25,19 / 4 = 6,30 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $6,30 / 8 = 0,79 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 11.314,24 \times 6,30 = \text{Rp } 71.279,71$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 11.314,24 \times 0,79 = \text{Rp } 8.938,25$
- Biaya normal total (4 hari) = $\text{Rp } 71.279,71 \times 4 = \text{Rp } 285.118,84$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 8.938,25) + 2 (2 \times \text{Rp } 8.938,25)$
= $\text{Rp } 49.160,38$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,79) + (3 \times 0,8 \times 0,79)$
= $8,22 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $8,22 / 11 = 0,75 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $25,19 / 8,22 = 3,06 \approx 3 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 49.160,38 + \text{Rp } 71.279,71$
= $\text{Rp } 120.440,09$
- Biaya total (3 hari) = $\text{Rp } 120.440,09 \times 4 = \text{Rp } 481.760,36$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 481.760,36 - \text{Rp } 285.118,84) / (4-3)$
= $\text{Rp } 196.641,52$

24. Pasangan batu kali

- Volume = $7,37 \text{ m}^3$
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 19.336,55$
- Produktivitas / hari = $7,37 / 2 = 3,69 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $3,69 / 8 = 0,46 \text{ m}^3/\text{jam}$

- Biaya normal / hari = Rp 19.336,55 x 3,69 = Rp 71.351,87
- Biaya normal / jam = Rp 19.336,55 x 0,46 = Rp 8.894,81
- Biaya normal total (2 hari) = Rp 71.351,87 x 2 = Rp 142.703,74

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 8.894,81) + 2 (2 \times \text{Rp } 8.894,81)$
= Rp 48.921,46
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,46) + (3 \times 0,8 \times 0,46)$
= 4,78 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $4,78 / 11 = 0,44 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $7,37 / 4,78 = 1,54 \approx 2 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 48.921,46 + \text{Rp } 71.351,87$
= Rp 120.273,33
- Biaya total (2 hari) = $\text{Rp } 120.273,33 \times 2 = \text{Rp } 240.546,66$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 240.546,66 - \text{Rp } 142.703,74) / (2-2)$
= Rp -

25. Perbaikan landscape

- Volume = 17,83 m²
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 10.938,61
- Produktivitas / hari = $17,83 / 5 = 3,57 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $3,57 / 8 = 0,45 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 10.938,61 \times 3,57 = \text{Rp } 39.050,84$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 10.938,61 \times 0,45 = \text{Rp } 4.922,38$
- Biaya normal total (5 hari) = $\text{Rp } 39.050,84 \times 5 = \text{Rp } 195.254,20$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 4.922,38) + 2 (2 \times \text{Rp } 4.922,38)$
= Rp 27.073,09
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,45) + (3 \times 0,8 \times 0,45)$
= 4,68 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $4,68 / 11 = 0,43 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $17,83 / 4,68 = 3,81 \approx 4 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 27.073,09 + \text{Rp } 39.050,84$
= Rp 66.123,93

- Biaya total (4 hari) = Rp 66.123,93 x 4 = Rp 264.495,72
- *Cost slope* = (Rp 264.495,72 - Rp 195.254,20) / (5-4)
= Rp 69.241,52

C. Pekerjaan pipa sekunder dan tersier

1. Pemasangan pipa beton $\varnothing 200$ mm di jalan exiting tanpa perkerasan

- Volume = 245,25 m
- Normal duration = 13 hari
- Biaya satuan upah = Rp 3.213,25
- Produktivitas / hari = 245,25 / 13 = 18,87 m/hari
- Produktivitas / jam = 18,87 / 8 = 2,36 m/jam
- Biaya normal / hari = Rp 3.213,25 x 18,87 = Rp 60.634,03
- Biaya normal / jam = Rp 3.213,25 x 2,36 = Rp 7.583,27
- Biaya normal total (13 hari) = Rp 60.634,03 x 13 = Rp 788.242,39

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 7.583,27) + 2 (2 x Rp 7.583,27)
= Rp 41.707,99
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 2,36) + (3 x 0,8 x 2,36)
= 24,54 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 24,54 / 11 = 2,23 m/jam
- Durasi setelah *crash* = 245,25 / 24,54 = 9,99 \approx 10 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 41.707,99 + Rp 60.634,03
= Rp 102.342,02
- Biaya total (10 hari) = Rp 102.342,02 x 10 = Rp 1.023.420,20
- *Cost slope* = (Rp 1.023.420,20 - Rp 788.242,39) / (13-10)
= Rp 78.392,60

2. Pemasangan pipa beton $\varnothing 200$ mm di jalan exiting dengan perkerasan

- Volume = 4.510,45 m
- Normal duration = 88 hari
- Biaya satuan upah = Rp 5.559,00
- Produktivitas / hari = 4.510,45 / 88 = 51,26 m/hari
- Produktivitas / jam = 51,26 / 8 = 6,41 m/jam
- Biaya normal / hari = Rp 5.559,00 x 51,26 = Rp 284.954,34
- Biaya normal / jam = Rp 5.559,00 x 6,41 = Rp 35.633,19

- Biaya normal total (88 hari) = $\text{Rp } 284.954,34 \times 88 = \text{Rp } 25.075.981,92$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 35.633,19) + 2 (2 \times \text{Rp } 35.633,19)$
= $\text{Rp } 195.982,55$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 6,41) + (3 \times 0,8 \times 6,41)$
= 66,66 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $66,66 / 11 = 6,06 \text{ m/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $4.510,45 / 66,66 = 67,66 \approx 68 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 195.982,55 + \text{Rp } 284.954,34$
= $\text{Rp } 480.936,89$

- Biaya total (68 hari) = $\text{Rp } 480.936,89 \times 68 = \text{Rp } 32.703.708,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 32.703.708,00 - \text{Rp } 25.075.981,92) / (88 - 68)$
= $\text{Rp } 381.386,33$

3. Pemasangan pipa beton $\phi 250 \text{ mm}$ di jalan exiting dengan perkerasan

- Volume = 97,85 m
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 7.765,00$
- Produktivitas / hari = $97,85 / 10 = 9,79 \text{ m/hari}$
- Produktivitas / jam = $9,79 / 8 = 1,22 \text{ m/jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 7.765,00 \times 9,79 = \text{Rp } 76.019,35$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 7.765,00 \times 1,22 = \text{Rp } 9.473,30$
- Biaya normal total (10 hari) = $\text{Rp } 76.019,35 \times 10 = \text{Rp } 760.193,50$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 9.473,30) + 2 (2 \times \text{Rp } 9.473,30)$
= $\text{Rp } 52.103,15$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,22) + (3 \times 0,8 \times 1,22)$
= 12,69 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $12,69 / 11 = 1,15 \text{ m/jam}$
- Durasi setelah *crash* = $97,85 / 12,69 = 7,71 \approx 8 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 52.103,15 + \text{Rp } 76.019,35$
= $\text{Rp } 128.122,50$
- Biaya total (8 hari) = $\text{Rp } 128.122,50 \times 8 = \text{Rp } 1.024.980,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.024.980,00 - \text{Rp } 760.193,50) / (10 - 8)$

$$= \text{Rp } 132.393,25$$

4. Pemasangan pipa beton $\phi 300$ mm dijalan exiting dengan perkerasan
 - Volume = 164 m
 - Normal duration = 12 hari
 - Biaya satuan upah = Rp 7.884,25
 - Produktivitas / hari = $164 / 12 = 13,67$ m/hari
 - Produktivitas / jam = $13,67 / 8 = 1,71$ m/jam
 - Biaya normal / hari = $\text{Rp } 7.884,25 \times 13,67 = \text{Rp } 107.777,70$
 - Biaya normal / jam = $\text{Rp } 7.884,25 \times 1,71 = \text{Rp } 13.482,07$
 - Biaya normal total (12 hari) = $\text{Rp } 107.777,70 \times 12 = \text{Rp } 1.293.332,40$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 13.482,07) + 2 (2 \times \text{Rp } 13.482,07)$
= Rp 74.151,39
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,71) + (3 \times 0,8 \times 1,71)$
= 17,78 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $17,78 / 11 = 1,62$ m/jam
- Durasi setelah *crash* = $164 / 17,78 = 9,22 \approx 9$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 74.151,39 + \text{Rp } 107.777,70$
= Rp 181.929,09
- Biaya total (9 hari) = $\text{Rp } 181.929,09 \times 9 = \text{Rp } 1.637.361,81$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.637.361,81 - \text{Rp } 1.293.332,40) / (12-9)$
= Rp 114.676,47

5. Pemasangan pipa beton $\phi 400$ mm dijalan exiting dengan perkerasan
 - Volume = 536,90 m
 - Normal duration = 22 hari
 - Biaya satuan upah = Rp 6.194,25
 - Produktivitas / hari = $536,90 / 22 = 24,41$ m/hari
 - Produktivitas / jam = $24,41 / 8 = 3,05$ m/jam
 - Biaya normal / hari = $\text{Rp } 6.194,25 \times 24,41 = \text{Rp } 151.201,64$
 - Biaya normal / jam = $\text{Rp } 6.194,25 \times 3,05 = \text{Rp } 18.892,46$
 - Biaya normal total (22 hari) = $\text{Rp } 151.201,64 \times 22 = \text{Rp } 3.326.436,08$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 18.892,46) + 2 (2 \times \text{Rp } 18.892,46)$

- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 3,05) + (3 \times 0,8 \times 3,05)$
= 31,72 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $31,72 / 11 = 2,88$ m/jam
- Durasi setelah *crash* = $536,90 / 31,72 = 16,93 \approx 17$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 103.908,53 + Rp 151.201,64
= Rp 255.110,17
- Biaya total (17 hari) = Rp 255.110,17 x 17 = Rp 4.336.872,89
- *Cost slope* = $(Rp 4.336.872,89 - Rp 3.326.436,08) / (22 - 17)$
= Rp 202.087,36

6. Manhole type I

- Volume = 97 Buah
- Normal duration = 10 hari
- Biaya satuan upah = Rp 2.010,31
- Produktivitas / hari = $97 / 10 = 9,70$ bh/hari
- Produktivitas / jam = $7,8 / 8 = 1,21$ bh/jam
- Biaya normal / hari = Rp 2.010,31 x 9,7 = Rp 19.500,01
- Biaya normal / jam = Rp 2.010,31 x 1,21 = Rp 2.432,48
- Biaya normal total (10 hari) = Rp 19.500,01 x 10 = Rp 195.000,01

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp 2.432,48) + 2 (2 \times Rp 2.432,48)$
= Rp 13.378,64
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,21) + (3 \times 0,8 \times 1,21)$
= 12,59 bh/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $12,59 / 11 = 1,15$ bh/jam
- Durasi setelah *crash* = $97 / 12,59 = 7,71 \approx 8$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 13.378,64 + Rp 19.500,01 = Rp 32.878,65
- Biaya total (8 hari) = Rp 32.878,65 x 8 = Rp 263.029,20
- *Cost slope* = $(Rp 263.029,20 - Rp 195.000,01) / (10 - 8)$
= Rp 34.014,60

7. Pemasangan pipa lateral dan house inlet

- Volume = 681 unit
- Normal duration = 71 hari

- Biaya satuan upah = Rp 6.091,00
- Produktivitas / hari = $681 / 71 = 9,59$ unit/hari
- Produktivitas / jam = $9,59 / 8 = 1,20$ unit/jam
- Biaya normal / hari = $Rp\ 6.091,00 \times 9,59 = Rp\ 58.412,69$
- Biaya normal / jam = $Rp\ 6.091,00 \times 1,20 = Rp\ 7.309,20$
- Biaya normal total (71 hari) = $Rp\ 58.412,69 \times 71 = Rp\ 4.147.300,99$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp\ 7.309,20) + 2 (2 \times Rp\ 7.309,20)$
= Rp 40.200,60
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,20) + (3 \times 0,8 \times 1,20)$
= 12,48 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $12,48 / 11 = 1,14$ unit/jam
- Durasi setelah *crash* = $681 / 12,48 = 54,57 \approx 55$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $Rp\ 40.200,60 + Rp\ 58.412,69 = Rp\ 98.613,29$
- Biaya total (55 hari) = $Rp\ 98.613,29 \times 55 = Rp\ 5.423.730,95$
- *Cost slope* = $(Rp\ 5.423.730,95 - Rp\ 4.147.300,99) / (71 - 55)$
= Rp 79.776,87

D. Pekerjaan pengadaan dan pemasangan pipa vpc

1. Galian tanah mekanis

- Volume = 238,52 m³
- Normal duration = 15 hari
- Biaya satuan upah = Rp 7.965,79
- Produktivitas / hari = $238,52 / 15 = 15,90$ m³/hari
- Produktivitas / jam = $15,90 / 8 = 1,99$ m³/jam
- Biaya normal / hari = $Rp\ 7.965,79 \times 15,90 = Rp\ 126.656,06$
- Biaya normal / jam = $Rp\ 7.965,79 \times 1,99 = Rp\ 15.851,92$
- Biaya normal total (15 hari) = $Rp\ 126.656,06 \times 15 = Rp\ 1.899.840,90$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times Rp\ 15.851,92) + 2 (2 \times Rp\ 15.851,92)$
= Rp 87.185,56
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,99) + (3 \times 0,8 \times 1,99)$

- Produktivitas / jam setelah *crash* = $20,70 / 11 = 1,88 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $238,52 / 20,70 = 11,52 \approx 12 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 87.185,56 + \text{Rp } 126.656,06$
= $\text{Rp } 213.841,62$
- Biaya total (12 hari) = $\text{Rp } 213.841,62 \times 12 = \text{Rp } 2.566.099,44$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 2.566.099,44 - \text{Rp } 1.899.840,90) / (15-12)$
= $\text{Rp } 222.086,18$

2. Bongkaran aspal

- Volume = $88,20 \text{ m}^2$
- Normal duration = 7 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 3.231,29$
- Produktivitas / hari = $88,20 / 7 = 12,60 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $12,6 / 8 = 1,58 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 3.231,29 \times 12,60 = \text{Rp } 40.714,25$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 3.231,29 \times 1,58 = \text{Rp } 5.105,44$
- Biaya normal total (7 hari) = $\text{Rp } 40.714,25 \times 7 = \text{Rp } 284.999,75$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 5.105,44) + 2 (2 \times \text{Rp } 5.105,44)$
= $\text{Rp } 28.079,92$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 1,58) + (3 \times 0,8 \times 1,58)$
= $16,43 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $16,43 / 11 = 1,49 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $88,20 / 16,43 = 5,37 \approx 5 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 28.079,92 + \text{Rp } 40.714,25$
= $\text{Rp } 68.794,17$
- Biaya total (5 hari) = $\text{Rp } 68.794,17 \times 5 = \text{Rp } 343.970,85$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 343.970,85 - \text{Rp } 284.999,75) / (7-5)$
= $\text{Rp } 29.485,55$

3. Bongkaran paving

- Volume = $3,08 \text{ m}^2$
- Normal duration = 1 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 14.610,39$
- Produktivitas / hari = $3,08 / 1 = 3,08 \text{ m}^2/\text{hari}$

- Produktivitas / jam = $3,08 / 8 = 0,39 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 14.610,39 \times 3,08 = \text{Rp } 45.000,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 14.610,39 \times 0,39 = \text{Rp } 5.698,05$
- Biaya normal total (1 hari) = $\text{Rp } 45.000,00 \times 1 = \text{Rp } 45.000,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 5.698,05) + 2 (2 \times \text{Rp } 5.698,05)$
= $\text{Rp } 31.339,28$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,39) + (3 \times 0,8 \times 0,39)$
= $4,06 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $4,06 / 11 = 0,37 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $3,08 / 4,06 = 0,76 \approx 1 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 31.339,28 + \text{Rp } 45.000,00$
= $\text{Rp } 76.339,28$
- Biaya total (1 hari) = $\text{Rp } 76.339,28 \times 1 = \text{Rp } 76.339,28$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 76.339,28 - \text{Rp } 45.000,00) / (1-1)$
= $\text{Rp } -$

4. Buang hasil galian

- Volume = $190,39 \text{ m}^3$
- Normal duration = 4 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 1.496,93$
- Produktivitas / hari = $190,39 / 4 = 47,60 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $47,60 / 8 = 5,95 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.496,93 \times 47,60 = \text{Rp } 71.253,87$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.496,93 \times 5,95 = \text{Rp } 8.906,73$
- Biaya normal total (4 hari) = $\text{Rp } 71.253,87 \times 4 = \text{Rp } 285.015,48$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 8.906,73) + 2 (2 \times \text{Rp } 8.906,73)$
= $\text{Rp } 48.987,01$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 5,95) + (3 \times 0,8 \times 5,95)$
= $61,88 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $61,88 / 11 = 5,63 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $190,39 / 61,88 = 3,08 \approx 3 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 48.987,01 + \text{Rp } 71.253,87$

- Biaya total (3 hari) = Rp 120.240,88
- *Cost slope* = Rp 120.240,88 x 3 = Rp 360.722,64
= (Rp 360.722,64 - Rp 285.015,48) / (4-3)
= Rp 75.707,16

5. Bobok beton manhole

- Volume = 2 titik
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = Rp 53.750,00
- Produktivitas / hari = 2 / 2 = 1 unit/hari
- Produktivitas / jam = 1 / 8 = 0,125 unit/jam
- Biaya normal / hari = Rp 53.750,00 x 1 = Rp 53.750,00
- Biaya normal / jam = Rp 53.750,00 x 0,125 = Rp 6.718,75
- Biaya normal total (2 hari) = Rp 53.750,00 x 2 = Rp 107.500,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 6.718,75) + 2 (2 x Rp 6.718,75)
= Rp 36.953,13
- Produktivitas / hari setelah crash = (8 x 0,125) + (3 x 0,8 x 0,125)
= 1,3 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah crash = 1,3 / 11 = 0,12 unit/jam
- Durasi setelah crash = 2 / 1,3 = 1,54 ≈ 2 hari
- Biaya / hari setelah crash = Rp82.749,15 + Rp120.313,13 = Rp 203.062,28
- Biaya total (2 hari) = Rp 203.062,28 x 6 = Rp 1.218.373,68
- *Cost slope* = (Rp 1.218.373,68 - Rp 962.505,04) / (8-6)
= Rp 127.934,32

6. Beton k 225 wet pit 205 (*over flow*)

- Volume = 0,08 m³
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = Rp 562.500,00
- Produktivitas / hari = 0,08 / 2 = 0,04 m³/hari
- Produktivitas / jam = 0,04 / 8 = 0,005 m³/jam
- Biaya normal / hari = Rp 562.500,00 x 0,04 = Rp 22.500,00
- Biaya normal / jam = Rp 562.500,00 x 0,005 = Rp 2.812,50
- Biaya normal total (2 hari) = Rp 22.500,00 x 2 = Rp 45.000,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 2.812,50) + 2 (2 \times \text{Rp } 2.812,50)$
= Rp 15.468,75
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,005) + (3 \times 0,8 \times 0,005)$
= 0,05 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,052 / 11 = 0,005 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $0,08 / 0,05 = 1,60 \approx 2 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 48.987,01 + Rp 71.253,87
= Rp 120.240,88
- Biaya total (2 hari) = Rp 120.240,88 x 3 = Rp 360.722,64
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 360.722,64 - \text{Rp } 285.015,48) / (4-3)$
= Rp 75.707,16

7. Beton k 125

- Volume = 1,81 m³
- Normal duration = 3 hari
- Biaya satuan upah = Rp 131.217,92
- Produktivitas / hari = $1,81 / 3 = 0,60 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $0,60 / 8 = 0,075 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = Rp 131.217,92 x 0,60 = Rp 78.730,75
- Biaya normal / jam = Rp 131.217,92 x 0,075 = Rp 9.841,34
- Biaya normal total (3 hari) = Rp 78.730,75 x 3 = Rp 236.192,26

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 9.841,34) + 2 (2 \times \text{Rp } 9.841,34)$
= Rp 54.127,37
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,075) + (3 \times 0,8 \times 0,075)$
= 0,78 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $0,78 / 11 = 0,07 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $1,81 / 0,78 = 2,32 \approx 2 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 54.127,37 + Rp 78.730,75
= Rp 132.858,12
- Biaya total (2 hari) = Rp 132.858,12 x 2 = Rp 265.716,24
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 265.716,24 - \text{Rp } 236.192,26) / (3-2)$
= Rp 29.523,98

8. Urugan pasir untuk bedding II

- Volume = 20,92 m³
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 7.170,17
- Produktivitas / hari = 20,92 / 5 = 4,18 m³/hari
- Produktivitas / jam = 4,18 / 8 = 0,52 m³/jam
- Biaya normal / hari = Rp 7.170,17 x 4,18 = Rp 29.971,31
- Biaya normal / jam = Rp 7.170,17 x 0,52 = Rp 3.728,49
- Biaya normal total (5 hari) = Rp 29.971,31 x 5 = Rp 149.856,55

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 3.728,49) + 2 (2 x Rp 3.728,49)
= Rp 20.506,70
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 0,52) + (3 x 0,8 x 0,52)
= 5,41 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 5,41 / 11 = 0,49 m³/jam
- Durasi setelah *crash* = 20,92 / 5,41 = 3,87 ≈ 4 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 20.506,70 + Rp 29.971,31
= Rp 50.478,01
- Biaya total (4 hari) = Rp 50.478,01 x 4 = Rp 201.912,04
- *Cost slope* = (Rp 201.912,04 - Rp 149.856,55) / (5-4)
= Rp 52.055,49

9. Pemasangan pipa 100 mm tipe vp

- Volume = 110,40 m
- Normal duration = 18 hari
- Biaya satuan upah = Rp 4.195,75
- Produktivitas / hari = 110,40 / 18 = 6,13 m/hari
- Produktivitas / jam = 6,13 / 8 = 0,77 m/jam
- Biaya normal / hari = Rp 4.195,75 x 6,13 = Rp 25.719,95
- Biaya normal / jam = Rp 4.195,75 x 0,77 = Rp 3.230,73
- Biaya normal total (18 hari) = Rp 25.719,95 x 18 = Rp 462.959,10

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 3.230,73) + 2 (2 x Rp 3.230,73)
= Rp 61.419,02
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 0,77) + (3 x 0,8 x 0,77)

- Produktivitas / jam setelah *crash* = 8,01 / 11 = 0,73 m/jam
- Durasi setelah *crash* = 110,40 / 8,01 = 13,78 ≈ 14 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 61.419,02 + Rp 25.719,95
= Rp 87.138,97
- Biaya total (14 hari) = Rp 87.138,97 x 14 = Rp 1.219.945,58
- *Cost slope* = (Rp 1.219.945,58 - Rp 462.959,10) / (18-14)
= Rp 189.246,62

10. Pemasangan pipa 150 mm tipe vp

- Volume = 188,40 m
- Normal duration = 22 hari
- Biaya satuan upah = Rp 3.463,00
- Produktivitas / hari = 188,40 / 22 = 8,56 m/hari
- Produktivitas / jam = 8,56 / 8 = 1,07 m/jam
- Biaya normal / hari = Rp 3.463,00 x 8,56 = Rp 29.643,28
- Biaya normal / jam = Rp 3.463,00 x 1,07 = Rp 3.705,41
- Biaya normal total (22 hari) = Rp 29.643,28 x 22 = Rp 652.152,16

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 3.705,41) + 2 (2 x Rp 3.705,41)
= Rp 20.379,76
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 1,07) + (3 x 0,8 x 1,07)
= 11,13 m/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 11,13 / 11 = 1,01 m/jam
- Durasi setelah *crash* = 188,40 / 11,13 = 16,93 ≈ 17 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 20.379,76 + Rp 29.643,28
= Rp 50.023,04
- Biaya total (17 hari) = Rp 50.023,04 x 17 = Rp 850.391,68
- *Cost slope* = (Rp 850.391,68 - Rp 652.152,16) / (22-17)
= Rp 39.647,90

11. Grouting pipa

- Volume = 4 titik
- Normal duration = 1 hari
- Biaya satuan upah = Rp 60.000,00
- Produktivitas / hari = 4 / 1 = 4 unit/hari

- Produktivitas / jam = $4 / 8 = 0,125$ unit/jam
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 53.750,00 \times 1 = \text{Rp } 53.750,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 53.750,00 \times 0,125 = \text{Rp } 6.718,75$
- Biaya normal total (1 hari) = $\text{Rp } 53.750,00 \times 1 = \text{Rp } 53.750,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.718,75) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.718,75)$
= $\text{Rp } 36.953,13$
- Produktivitas / hari setelah crash = $(8 \times 0,125) + (3 \times 0,8 \times 0,125)$
= 1,3 unit/hari
- Produktivitas / jam setelah crash = $1,3 / 11 = 0,12$ unit/jam
- Durasi setelah crash = $2 / 1,3 = 1,54 \approx 2$ hari
- Biaya / hari setelah crash = $\text{Rp } 36.953,13 + \text{Rp } 53.750,00 = \text{Rp } 203.062,28$
- Biaya total (1 hari) = $\text{Rp } 203.062,28 \times 6 = \text{Rp } 1.218.373,68$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.218.373,68 - \text{Rp } 962.505,04) / (8-6)$
= $\text{Rp } 127.934,32$

12. Timbunan kembali dan pemadatan

- Volume = $48,13 \text{ m}^3$
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 4.051,53$
- Produktivitas / hari = $48,13 / 5 = 9,63 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $9,63 / 8 = 1,20 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 4.051,53 \times 9,63 = \text{Rp } 39.016,23$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 4.051,53 \times 1,20 = \text{Rp } 4.861,84$
- Biaya normal total (5 hari) = $\text{Rp } 39.016,23 \times 5 = \text{Rp } 195.081,15$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 4.861,84) + 2 (2 \times \text{Rp } 4.861,84)$
= $\text{Rp } 26.740,12$
- Produktivitas / hari setelah crash = $(8 \times 1,20) + (3 \times 0,8 \times 1,20)$
= $12,48 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah crash = $12,48 / 11 = 1,14 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah crash = $48,13 / 12,48 = 3,86 \approx 4$ hari
- Biaya / hari setelah crash = $\text{Rp } 26.740,12 + \text{Rp } 39.016,23$
= $\text{Rp } 65.756,35$

- Biaya total (4 hari) = Rp 65.756,35 x 4 = Rp 263.025,40
- *Cost slope* = (Rp 263.025,40 - Rp 195.081,15) / (5-4)
= Rp 67.944,25

13. Perbaikan perkerasan

- Volume = 88,20 m²
- Normal duration = 8 hari
- Biaya satuan upah = Rp 2.210,88
- Produktivitas / hari = 88,20 / 8 = 11,03 m²/hari
- Produktivitas / jam = 11,03 / 8 = 1,38 m²/jam
- Biaya normal / hari = Rp 2.210,88 x 11,03 = Rp 24.386,01
- Biaya normal / jam = Rp 2.210,88 x 1,38 = Rp 3.051,01
- Biaya normal total (8 hari) = Rp 24.386,01 x 8 = Rp 195.088,08

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 3.051,01) + 2 (2 x Rp 3.051,01)
= Rp 16.780,56
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 1,38) + (3 x 0,8 x 1,38)
= 14,35 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 14,35 / 11 = 1,31 m²/jam
- Durasi setelah *crash* = 88,20 / 14,35 = 6,15 ≈ 6 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 16.780,56 + Rp 24.386,01
= Rp 41.166,57
- Biaya total (6 hari) = Rp 41.166,57 x 6 = Rp 246.999,42
- *Cost slope* = (Rp 246.999,42 - Rp 195.088,08) / (8-6)
= Rp 25.955,67

14. Pemasangan paving

- Volume = 3,08 m²
- Normal duration = 2 hari
- Biaya satuan upah = Rp 48.701,30
- Produktivitas / hari = 3,08 / 2 = 1,54 m²/hari
- Produktivitas / jam = 1,54 / 8 = 0,19 m²/jam
- Biaya normal / hari = Rp 48.701,30 x 1,54 = Rp 75.000,00
- Biaya normal / jam = Rp 48.701,30 x 0,19 = Rp 9.253,25
- Biaya normal total (2 hari) = Rp 75.000,00 x 2 = Rp 150.000,00

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 9.253,25) + 2 (2 \times \text{Rp } 9.253,25)$
= Rp 50.892,88
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,19) + (3 \times 0,8 \times 0,19)$
= 1,98 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $1,98 / 11 = 0,18 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $3,08 / 1,98 = 1,56 \approx 2 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 16.780,56 + Rp 24.386,01
= Rp 41.166,57
- Biaya total (2 hari) = Rp 41.166,57 x 2 = Rp 246.999,42
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 246.999,42 - \text{Rp } 195.088,08) / (8-6)$
= Rp 25.955,67

E. Sekat holding

1. Beton k-225

- Volume = 6,46 m³
- Normal duration = 5 hari
- Biaya satuan upah = Rp 39.860,76
- Produktivitas / hari = $6,46 / 5 = 1,29 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $1,29 / 8 = 0,16 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = Rp 39.860,76 x 1,29 = Rp 51.420,38
- Biaya normal / jam = Rp 39.860,76 x 0,16 = Rp 6.377,72
- Biaya normal total (5 hari) = Rp 51.420,38 x 5 = Rp 257.101,90

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.377,72) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.377,72)$
= Rp 35.077,46
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,16) + (3 \times 0,8 \times 0,16)$
= 1,66 m³/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $1,66 / 11 = 0,15 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $6,46 / 1,66 = 3,89 \approx 4 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 35.077,46 + Rp 51.420,38
= Rp 86.497,84
- Biaya total (4 hari) = Rp 86.497,84 x 4 = Rp 345.991,36
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 345.991,36 - \text{Rp } 257.101,90) / (5-4)$
= Rp 88.889,46

2. Bekesting sekat holding
- Volume = 51,33 m²
 - Normal duration = 10 hari
 - Biaya satuan upah = Rp 9.497,37
 - Produktivitas / hari = 51,33 / 10 = 5,13 m²/hari
 - Produktivitas / jam = 5,13 / 8 = 0,64 m²/jam
 - Biaya normal / hari = Rp 9.497,37 x 5,13 = Rp 48.721,51
 - Biaya normal / jam = Rp 9.497,37 x 0,64 = Rp 6.078,32
 - Biaya normal total (10 hari) = Rp 48.721,51 x 10 = Rp 487.215,10

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 6.078,32) + 2 (2 x Rp 6.078,32)
= Rp 33.430,76
- Produktivitas / hari setelah *crash* = (8 x 0,64) + (3 x 0,8 x 0,64)
= 6,66 m²/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = 6,66 / 11 = 0,61 m²/jam
- Durasi setelah *crash* = 51,33 / 6,66 = 7,71 ≈ 8 hari
- Biaya / hari setelah *crash* = Rp 33.430,76 + Rp 48.721,51
= Rp 82.152,27
- Biaya total (8 hari) = Rp 82.152,27 x 8 = Rp 657.218,16
- *Cost slope* = (Rp 657.218,16 - Rp 487.215,10) / (10-8)
= Rp 170.003,06

3. Pembesian
- Volume = 934,40 kg
 - Normal duration = 15 hari
 - Biaya satuan upah = Rp 1.046,13
 - Produktivitas / hari = 934,40 / 15 = 62,29 kg/hari
 - Produktivitas / jam = 62,29 / 8 = 7,79 kg/jam
 - Biaya normal / hari = Rp 1.046,13 x 62,29 = Rp 65.163,44
 - Biaya normal / jam = Rp 1.046,13 x 7,79 = Rp 8.149,35
 - Biaya normal total (15 hari) = Rp 65.163,44 x 15 = Rp 977.451,60

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = (1,5 x Rp 8.149,35) + 2 (2 x Rp 8.149,35)
= Rp 44.821,43

- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 7,79) + (3 \times 0,8 \times 7,79)$
= 81,02 kg/hari
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $81,02 / 11 = 7,37$ kg/jam
- Durasi setelah *crash* = $934,40 / 81,02 = 11,53 \approx 12$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 44.821,43 + \text{Rp } 65.163,44$
= $\text{Rp } 109.984,87$
- Biaya total (12 hari) = $\text{Rp } 109.984,87 \times 12 = \text{Rp } 1.319.818,44$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 1.319.818,44 - \text{Rp } 977.451,60) / (15-12)$
= $\text{Rp } 114.122,28$

F. Pekerjaan pengaspalan kembali

1. Overlay asphalt

- Volume = $17.385,77 \text{ m}^2$
- Normal duration = 17 hari
- Biaya satuan upah = $\text{Rp } 1.212,49$
- Produktivitas / hari = $17.385,77 / 17 = 1022,69 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $1022,69 / 8 = 127,84 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 1.212,49 \times 1022,69 = \text{Rp } 1.240.001,40$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 1.212,49 \times 127,84 = \text{Rp } 155.004,72$
- Biaya normal total (17 hari) = $\text{Rp } 1.240.001,40 \times 17 = \text{Rp } 21.080.023,80$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 155.004,72) + 2 (2 \times \text{Rp } 155.004,72)$
= $\text{Rp } 852.525,96$
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 127,84) + (3 \times 0,8 \times 127,84)$
= $1.329,54 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $1.329,54 / 11 = 120,87 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $17.385,77 / 1.189,55 = 14,62 \approx 15$ hari
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 852.525,96 + \text{Rp } 1.240.001,40$
= $\text{Rp } 2.092.527,36$
- Biaya total (15 hari) = $\text{Rp } 2.092.527,36 \times 15 = \text{Rp } 31.387.910,40$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 31.387.910,40 - \text{Rp } 21.080.023,80) / (17-15)$
= $\text{Rp } 5.153.943,30$

2. Lapen, 7 cm

- Volume = 50 m^2

- Normal duration = 8 hari
- Biaya satuan upah = Rp 9.000,00
- Produktivitas / hari = $50 / 8 = 6,25 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $6,25 / 8 = 0,78 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 9.000,00 \times 6,25 = \text{Rp } 56.250,00$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 9.000,00 \times 0,78 = \text{Rp } 7.020,00$
- Biaya normal total (8 hari) = $\text{Rp } 56.250,00 \times 8 = \text{Rp } 450.000,00$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 7.020,00) + 2 (2 \times \text{Rp } 7.020,00)$
= Rp 38.610,00
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,78) + (3 \times 0,8 \times 0,78)$
= $8,11 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam setelah *crash* = $8,11 / 11 = 0,74 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $50 / 8,11 = 6,17 \approx 6 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 38.610,00 + \text{Rp } 56.250,00$
= Rp 94.860,00
- Biaya total (6 hari) = $\text{Rp } 94.860,00 \times 6 = \text{Rp } 569.160,00$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 569.160,00 - \text{Rp } 450.000,00) / (8-6)$
= Rp 59.580,00

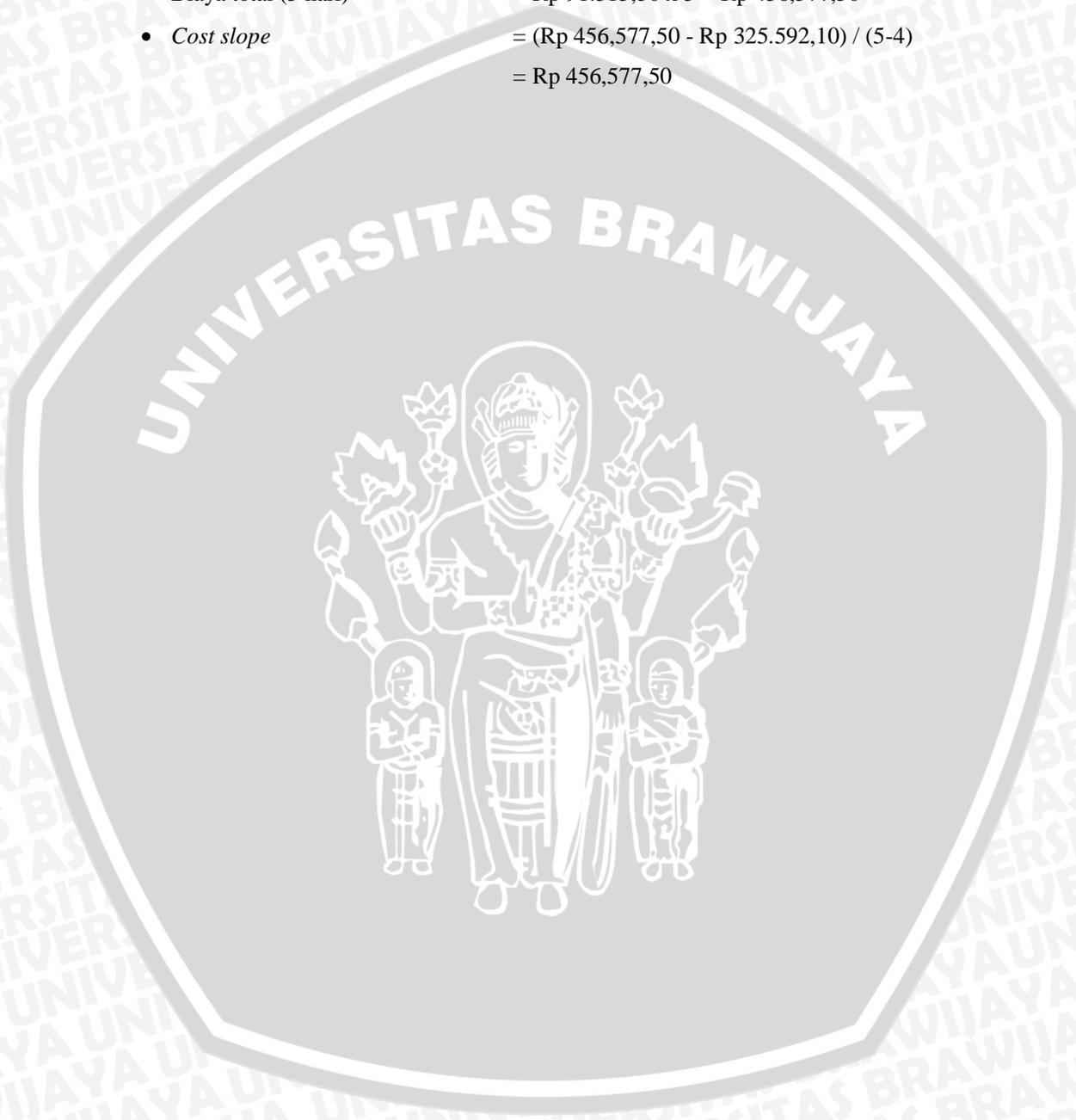
3. Marka jalan

- Volume = $17,37 \text{ m}^2$
- Normal duration = 6 hari
- Biaya satuan upah = Rp 18.712,19
- Produktivitas / hari = $17,37 / 6 = 2,90 \text{ m}^2/\text{hari}$
- Produktivitas / jam = $2,90 / 8 = 0,36 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Biaya normal / hari = $\text{Rp } 18.712,19 \times 2,90 = \text{Rp } 54.265,35$
- Biaya normal / jam = $\text{Rp } 18.712,19 \times 0,36 = \text{Rp } 6.736,39$
- Biaya normal total (6 hari) = $\text{Rp } 54.265,35 \times 6 = \text{Rp } 325.592,10$

Kegiatan setelah ditambah jam kerja

- Jam lembur = 3 jam
- Upah = $(1,5 \times \text{Rp } 6.736,39) + 2 (2 \times \text{Rp } 6.736,39)$
= Rp 37.050,15
- Produktivitas / hari setelah *crash* = $(8 \times 0,36) + (3 \times 0,8 \times 0,36)$
= $3,74 \text{ m}^2/\text{hari}$

- Produktivitas / jam setelah *crash* = $3,74 / 11 = 0,34 \text{ m}^2/\text{jam}$
- Durasi setelah *crash* = $17,37 / 3,74 = 4,64 \approx 5 \text{ hari}$
- Biaya / hari setelah *crash* = $\text{Rp } 37.050,15 + \text{Rp } 54.265,35$
= $\text{Rp } 91.315,50$
- Biaya total (5 hari) = $\text{Rp } 91.315,50 \times 5 = \text{Rp } 456,577,50$
- *Cost slope* = $(\text{Rp } 456,577,50 - \text{Rp } 325.592,10) / (5-4)$
= $\text{Rp } 456,577,50$



Lampiran 4: Analisa harga satuan proyek

Pekerjaan : Proyek Jaringan Air Limbah DSDP

Lokasi : Denpasar

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Tenaga/Bahan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A Pekerjaan Persiapan dan Umum							
1	Pembersihan lokasi	m ²	mandor	org/hr	0.0039	60,000.00	234.00
			pekerja	org/hr	0.0199	45,000.00	895.50
			chain saw	jam	0.0200	10,500.00	210.00
			alat bantu	ls	1.0000	150.00	150.00
			jumlah				1,129.50
2	Bangunan kantor kontraktor, workshop, gudang, tempat tinggal staf dan tenaga kerja	ls	Bambu, gedeg dll	lbr	3.0000	12,721,940.00	38,165,820.00
			Triplek 3 mm	lbr	2.0000	40,000.00	80,000.00
			Triplek 6mm	lbr	4.0000	75,000.00	300,000.00
			Triplek 9 mm	lbr	4.0000	125,000.00	500,000.00
			Apar	bh	1.0000	1,500,000.00	1,500,000.00
			mandor	org/hr	1.0000	60,000.00	60,000.00
			pekerja	org/hr	5.0000	45,000.00	225,000.00
			alat bantu	ls	1.0000	750.00	750.00
jumlah				40,831,570.00			
3	Survey dan Penyelidikan bawah tanah	m	waterpass	bh	0.0012	1,500,000.00	1,800.00
			Surveyor	org/hr	0.0017	200,000.00	340.00
			Helper surveyor	org/hr	0.0034	150,000.00	503.39
			jumlah				2,643.39
4	Pas. Papan nama proyek	unit	papan nama proyek	bh	2.0000	1,850,000.00	3,700,000.00
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.5000	36,445.00	18,222.50
			mandor	org/hr	0.5000	60,000.00	30,000.00
			pekerja	org/hr	2.0000	45,000.00	90,000.00
			alat bantu	ls	1.0000	450.00	450.00
			jumlah				3,838,672.50
5	Penyediaan lokasi pembuangan sisa galian	ls	mandor	org/hr	2.0000	60,000.00	120,000.00
			pekerja	org/hr	10.0000	45,000.00	450,000.00
			jumlah				570,000.00
6	Manajemen lapangan dan pengaturan lalu lintas	ls	Rambu-rambu	set	10.0000	1,700,000.00	17,000,000.00
			rambu fiber glass	set	19.0000	300,000.00	5,700,000.00
			mandor	org/hr	2.0000	60,000.00	120,000.00
			pekerja	org/hr	10.0000	45,000.00	450,000.00
			jumlah				23,270,000.00
B Pekerjaan sambungan rumah							

1	Bongkaran keramik	m ²	mandor	org/hr	0.0045	60,000.00	270.00
			pekerja	org/hr	0.0217	45,000.00	976.50
			alat bantu	ls	1.0000	350.00	350.00
						jumlah	
2	Bongkaran paving	m ²	mandor	org/hr	0.0038	60,000.00	228.00
			pekerja	org/hr	0.0188	45,000.00	846.00
			alat bantu	ls	1.0000	285.00	285.00
						jumlah	
3	Bongkaran rabat beton	m ²	mandor	org/hr	0.0133	60,000.00	798.00
			pekerja	org/hr	0.0599	45,000.00	2,695.50
			alat bantu	ls	1.0000	325.00	325.00
						jumlah	
4	Bongkaran batu sikat	m ²	mandor	org/hr	0.0397	60,000.00	2,382.00
			pekerja	org/hr	0.0794	45,000.00	3,573.00
			alat bantu	ls	1.0000	250.00	250.00
						jumlah	
5	Bongkaran batu kali	m ³	mandor	org/hr	0.0364	60,000.00	2,184.00
			pekerja	org/hr	0.0729	45,000.00	3,280.50
			alat bantu	ls	1.0000	225.00	225.00
						jumlah	
6	Galian tanah	m ³	mandor	org/hr	0.0047	60,000.00	282.00
			tukang gali	org/hr	0.0233	40,000.00	932.00
			excavator	jam	0.0174	225,000.00	3,924.00
			dump truck	jam	0.0218	105,000.00	2,289.00
			alat bantu	ls	1.0000	550.00	550.00
						jumlah	
7	Pipa Ø 75 mm	m	pipa pvc dia 75mm	btg	0.25	80,476.00	20,119.00
			socket 1'	bh	0.50	4,000.00	2,000.00
			knee 45 dia 2'	bh	0.70	5,000.00	3,500.00
			DOP dia 3'	bh	0.50	6,000.00	3,000.00
			mandor	org/hr	0.05	60,000.00	3,000.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.05	60,000.00	3,000.00
			tukang pipa	org/hr	0.15	47,500.00	7,125.00
			pembantu tukang	org/hr	0.15	35,000.00	5,250.00
			alat bantu	ls	1.00	750.00	750.00
						jumlah	
8	Pipa Ø 100 mm	m	pipa pvc dia 100mm	btg	0.3578	80,476.00	28,794.31
			socket 1.5'	bh	0.0017	4,000.00	6.80
			knee 45 dia 2' lg	bh	0.0034	5,000.00	17.00

			DOP dia 4'	bh	0.0009	6,000.00	5.16
			mandor	org/hr	0.0035	60,000.00	210.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.0017	60,000.00	102.00
			tukang pipa	org/hr	0.0087	47,500.00	413.25
			pembantu tukang	org/hr	0.0174	35,000.00	609.00
			alat bantu	ls	1.0000	1,050.00	1,050.00
						jumlah	31,207.52
9	Elbow 900 pipa Ø 75 mm	bh	elbow dia 75 mm	bh	1.0000	15,000.00	15,000.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.1000	60,000.00	6,000.00
			tukang pipa	org/hr	0.2000	47,500.00	9,500.00
						jumlah	30,500.00
10	Elbow 450 pipa Ø 75 mm	bh	elbow dia 75 mm	bh	1.0000	15,000.00	15,000.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.1000	60,000.00	6,000.00
			tukang pipa	org/hr	0.2000	47,500.00	9,500.00
						jumlah	30,500.00
11	Tee Y pipa Ø 75 mm	Bh	Tee Y dia 3'	bh	1.0000	22,500.00	22,500.00
			tukang pipa	org/hr	0.4000	47,500.00	19,000.00
						jumlah	41,500.00
12	Elbow 900 pipa Ø 100 mm	Bh	elbow dia 100 mm	bh	1.0000	25,000.00	25,000.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.0192	60,000.00	1,152.00
			tukang pipa	org/hr	0.0914	47,500.00	4,341.50
						jumlah	30,493.50
13	Elbow 450 pipa Ø 100 mm	Bh	elbow dia 100	bh	1.0000	25,000.00	25,000.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.1429	60,000.00	8,574.00
			tukang pipa	org/hr	0.1429	47,500.00	6,787.75
						jumlah	40,361.75
14	Tee Y pipa Ø 100 mm	Bh	Tee Y dia 3'	bh	1.0000	22,500.00	22,500.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.1429	60,000.00	8,574.00
			tukang pipa	org/hr	0.0770	47,500.00	3,657.50
						jumlah	34,731.50
15	Urugan pasir untuk bedding	m ³	limestone	m ³	0.0731	55000	4,020.50
			pasir urug	m ³	0.6440	87500	56,350.00
			mandor	org/hr	0.0051	60,000.00	306.00
			pekerja	org/hr	0.0253	45,000.00	1,138.50
			wheel loader	jam	0.0507	135,000.00	6,845.85
			dump truck	jam	0.1141	105,000.00	11,980.50
			motor grader	jam	0.0634	145,000.00	9,193.00
			water tanker	jam	0.0761	35,000.00	2,663.50
			alat bantu	ls	1.0000	150.00	150.00

					jumlah	92,647.85
16	Bak kontrol	unit	batu bata	bh	64.7250	28,802.63
			batu koral hitam	m ³	0.1618	5,663.00
			batu koral coklat	m ³	0.3236	7,119.20
			besi beton dia 10 mm	btg	0.3592	30,169.21
			pasir cor	m ³	0.0815	1,752.25
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.0971	3,538.81
			mandor	org/hr	0.0647	3,882.00
			kepala tukang batu	org/hr	0.0032	192.00
			tukang batu	org/hr	0.0162	769.50
			pekerja	org/hr	0.0356	1,602.00
			concrete mixer	jam	0.0647	679.35
			water tank	jam	0.0485	1,697.50
			concrete vibrator	jam	0.0971	1,019.55
			alat bantu	ls	1.0000	1,250.00
					jumlah	88,136.99
17	Flushing	unit	mandor	org/hr	0.0155	930.00
			pekerja	org/hr	0.0777	3,496.50
					jumlah	4,426.50
18	Desinfektan pada dinding septictank	unit	mandor	org/hr	0.0069	414.00
			pekerja	org/hr	0.0273	1,228.50
					jumlah	1,642.50
19	Pasangan keramik	m ²	keramik 10x20	m ²	0.1838	7,350.98
			keramik 20x20	m ²	0.0919	3,991.95
			keramik 20x25	m ²	0.3262	13,129.54
			keramik 30x30	m ²	0.2297	9,178.39
			keramik 40x40	m ²	0.1378	5,717.23
			keramik	m ²	0.0505	2,141.75
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.2297	8,372.08
			semen putih	kg	0.0092	91.89
			nat keramik	kg	0.0138	137.83
			mandor	org/hr	0.0055	330.79
			pekerja	org/hr	0.0276	1,240.48
			alat bantu	ls	1.0000	1,029.00
					jumlah	51,682.91
20	Pasangan paving	m ²	Paving tiga bertian	m ²	1.0000	37,273.00
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.3334	12,149.59
			kanstin	m	0.0696	2,785.59
			mandor	org/hr	0.0058	348.00
			pekerja	org/hr	0.0290	1,305.00
			alat bantu	ls	1.0000	1,250.00

					jumlah	53,861.17	
21	Pasangan rabat beton	m ²	besi beton dia 6mm	btg	2.7318	26,500.00	72,393.07
			besi beton dia 8mm	btg	1.9513	53,799.00	104,977.76
			besi beton dia 10mm	btg	1.9123	83,990.00	160,611.54
			buis beton	bh	0.0156	60,000.00	936.62
			semen tonasa 50 kg	sak	0.3122	49,000.00	15,298.16
			pasir cor	m ³	0.1646	21,500.00	3,539.14
			batu pecah	m ³	0.1561	117,500.00	18,342.18
			mandor	org/hr	0.0156	60,000.00	936.62
			kepala tukang batu	org/hr	0.0078	60,000.00	468.31
			tukang batu	org/hr	0.0312	47,500.00	1,482.98
			kepala tukang besi beton	org/hr	0.0155	60,000.00	927.60
			tukang besi beton	org/hr	0.0781	47,500.00	3,709.75
			pembantu tukang	org/hr	0.0546	35,000.00	1,912.27
			alat bantu	ls	1.0000	1,750.00	1,750.00
					jumlah		387,286.00
22	Pasangan batu sikat	m ²	batu pecah	m ³	0.6153	117,500.00	72,300.52
			semen tiga roda 40kg	sak	0.2382	36,445.00	8,680.83
			mandor	org/hr	0.0397	60,000.00	2,381.90
			kepala tukang batu	org/hr	0.0397	60,000.00	2,382.00
			tukang batu	org/hr	0.0794	47,500.00	3,771.34
			pembantu tukang	org/hr	0.0794	35,000.00	2,779.00
			alat bantu	ls	1.0000	1,100.00	1,100.00
					jumlah		92,295.58
23	Pasangan batu kali	m ³	batu kali	m ³	0.4071	200,000.00	81,411.13
			semen tiga roda 40kg	sak	2.0353	36,445.00	74,175.71
			kepala tukang batu	org/hr	0.1357	60,000.00	8,142.00
			tukang batu	org/hr	0.1357	47,500.00	6,445.05
			pembantu tukang	org/hr	0.1357	35,000.00	4,749.50
			alat bantu	ls	1.0000	976.00	976.00
					jumlah		174,923.39
24	Perbaikan landscape	m ²	tegel	m ²	1.2339	48,200.00	59,472.80
			cat emco	bh	0.2804	22,000.00	6,169.38
			mandor	org/hr	0.0561	60,000.00	3,365.11
			pekerja	org/hr	0.1683	45,000.00	7,573.50
			alat bantu	ls	1.0000	900.00	900.00
					jumlah		76,580.79
C	Pekerjaan pipa sekunder dan tersier						
1	Pemasangan pipa beton Ø200 mm dijalan exiting dengan perkerasan	m	pipa beton dia. 200 mm	m	0.2854	312,850.00	89,302.48
			sikadur 31 CF (6 set)	bh	0.0333	600,000.00	19,953.66

				sikaset (20 ltr)	bh	0.0002	350,000.00	77.60
				sikacim	bh	0.0031	28,667.00	88.98
				semen tonasa 50 kg	sak	0.0184	49,000.00	901.68
				semen tiga roda 40 kg	sak	0.1135	36,445.00	4,137.02
				mandor	org/hr	0.0067	60,000.00	402.00
				kepala tukang pipa beton	org/hr	0.0055	60,000.00	330.00
				tukang pipa beton	org/hr	0.0277	47,500.00	1,315.75
				pembantu tukang	org/hr	0.0333	35,000.00	1,165.50
				concrete mixer	jam	0.0443	10,500.00	465.15
				water tank	jam	0.0277	35,000.00	969.50
				concrete vibrator	jam	0.0333	10,500.00	349.65
				alat bantu	ls	1.0000	325.00	325.00
							jumlah	119,783.98
2	Pemasangan pipa beton Ø200 mm dijalan exiting tanpa perkerasan	m	pipa beton dia. 200 mm	m	0.2528	312,850.00	79,089.50	
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.3262	36,445.00	11,888.28	
			mandor	org/hr	0.0082	60,000.00	492.00	
			kepala tukang pipa beton	org/hr	0.0122	60,000.00	732.00	
			tukang pipa beton	org/hr	0.0612	47,500.00	2,907.00	
			pembantu tukang	org/hr	0.0408	35,000.00	1,428.00	
			concrete mixer	jam	0.0612	10,500.00	642.60	
			water tank	jam	0.0816	35,000.00	2,856.00	
			concrete vibrator	jam	0.0693	10,500.00	727.65	
			alat bantu	ls	1.0000	200.00	200.00	
							jumlah	100,963.03
3	Pemasangan pipa beton Ø250 mm dijalan exiting dengan perkerasan	m	pipa beton dia. 250 mm	m	1.0015	386,200.00	386,792.03	
			sikadur 31 CF (6 set)	bh	0.0409	600,000.00	24,527.34	
			sikaset	bh	0.0000		0.00	
			sikacim	bh	0.0511	28,667.00	1,464.84	
			semen tonasa 50 kg	sak	0.1737	49,000.00	8,513.03	
			mandor	org/hr	0.0204	60,000.00	1,224.00	
			kepala tukang pipa beton	org/hr	0.0204	60,000.00	1,224.00	
			tukang pipa beton	org/hr	0.0818	47,500.00	3,885.50	
			pembantu tukang	org/hr	0.0409	35,000.00	1,431.50	
			concrete mixer	jam	0.1022	10,500.00	1,073.10	
			water tank	jam	0.0818	35,000.00	2,863.00	
			concrete vibrator	jam	0.1124	10,500.00	1,180.20	
			alat bantu	ls	1.0000	165.00	165.00	
							jumlah	434,343.54
4	Pemasangan pipa beton Ø300 mm dijalan exiting dengan perkerasan	m	pipa beton dia. 300 mm	m	1.0607	400,200.00	424,480.43	
			sikadur 31 CF	bh	0.0488	375,000.00	18,292.68	
			sikaset	bh	0.0000		0.00	
			sikacim	bh	0.0549	25,000.00	1,371.95	
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.3354	36,445.00	12,222.41	

			mandor	org/hr	0.0122	60,000.00	732.00
			kepala lukang pipa beton	org/hr	0.0183	60,000.00	1,098.00
			tukang pipa beton	org/hr	0.0915	47,500.00	4,346.25
			pembantu lukang	org/hr	0.0488	35,000.00	1,708.00
			concrete mixer	jam	0.0915	10,500.00	960.75
			water tank	jam	0.0793	35,000.00	2,775.50
			concrete vibrator	jam	0.0976	10,500.00	1,024.80
			alat bantu	ls	1.0000	210.00	210.00
						jumlah	464,251.72
5	Pemasangan pipa beton Ø400 mm dijalan exitling dengan perkerasan	m	pipa beton dia. 400 mm	m	1.0450	450,500.00	470,763.69
			sikadur 31 CF	bh	0.0261	450,000.00	11,734.03
			sikaset	bh	0.0000		0.00
			sikacim	bh	0.0186	28,667.00	533.94
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.3334	36,445.00	12,150.60
			mandor	org/hr	0.0075	60,000.00	450.00
			kepala lukang pipa beton	org/hr	0.0150	60,000.00	900.00
			tukang pipa beton	org/hr	0.0745	47,500.00	3,538.75
			pembantu tukang	org/hr	0.0373	35,000.00	1,305.50
			concrete mixer	jam	0.0466	10,500.00	489.30
			water tank	jam	0.0429	35,000.00	1,501.50
			concrete vibrator	jam	0.0484	10,500.00	508.20
			alat bantu	ls	1.0000	195.00	195.00
						jumlah	504,070.50
6	Man Hole Type I	Bh	Man hole 1.0-1.8m	m	1.0000	2,902,760.00	2,902,760.00
			knee 45 dia 2' lg	bh	1.4433	5,000.00	7,216.49
			socket 21/2	bh	0.4948	4,038.00	1,998.19
			Mandor	org/hr	0.0103	60,000.00	618.56
			Pekerja	org/hr	0.0309	45,000.00	1,391.75
			alat bantu	ls	1.0000	98.25	98.25
						jumlah	2,913,984.99
7	Pemasangan pipa lateral & House inlet	unit	pipa pvc 1' AW	btg	0.1468	40,000.00	5,873.72
			pipapvc 1.5' AW	btg	0.0734	70,000.00	5,139.50
			pipa pvc 1/2 AW	btg	0.0441	27,500.00	1,211.45
			pipa pvc 2' AW	btg	0.2203	105,000.00	23,127.75
			pipa pvc 3/4' AW	btg	0.2937	30,000.00	8,810.57
			pipa pvc 2'	btg	0.1850	47,500.00	8,788.55
			pipa pvc 3'	btg	0.3803	100,000.00	38,032.31
			pipa pvc 3' D	btg	0.1615	110,000.00	17,767.99
			pipa pvc 3/4'	m	0.1468	558,500.00	82,011.75
			pipa pvc 4'	btg	0.1982	150,000.00	29,735.68
			pipa pvc 4' ex maspion	btg	0.2203	150,000.00	33,039.65
			pipa listrik	btg	0.2203	7,500.00	1,651.98
			knee 90 dia 3'	bh	0.1468	12,500.00	1,835.54

			socket dia 6' (rucika)	bh	0.4258	30,000.00	12,775.33
			tee dia 2'	bh	0.1101	6,500.00	715.86
			tee dia 2.5'	bh	0.1468	7,500.00	1,101.32
			tee dia 3'	bh	0.0294	7,500.00	220.26
			tee dia 4'	bh	0.0294	15,000.00	440.53
			mandor	org/hr	0.0073	60,000.00	438.00
			kepala tukang pipa	org/hr	0.0147	60,000.00	882.00
			tukang pipa	org/hr	0.0734	47,500.00	3,486.50
			pembantu tukang	org/hr	0.1468	35,000.00	5,139.50
			alat bantu	ls	1.0000	154.25	154.25
						jumlah	282,225.74
D	Pekerjaan pemasangan pipa PVC						
1	Galian tanah mekanis	m ³	mandor	org/hr	0.0293	60,000.00	1,760.86
			tukang gali	org/hr	0.1551	45,000.00	6,980.55
			excavator	jam	0.1258	225,000.00	28,305.00
			dump truck	jam	0.1467	105,000.00	15,403.50
			alat bantu	ls	1.0000	60.29	60.29
						jumlah	8,741.41
2	Bongkaran aspal	m ²	mandor	org/hr	0.0113	60,000.00	680.27
			pekerja	org/hr	0.0567	45,000.00	2,551.02
			alat bantu	ls	1.0000	100.29	100.29
						jumlah	3,231.29
3	Bongkaran paving	m ²	pekerja	org/hr	0.324675	45,000.00	14,610.39
			alat bantu	ls	1	90.00	90.00
						jumlah	14,700.39
4	Buang hasil galian	m ³	mandor	org/hr	0.0053	60,000.00	315.14
			pekerja	org/hr	0.0263	45,000.00	1,181.78
			dump truck	jam	0.1313	105,000.00	13,786.50
						jumlah	1,496.93
5	Bobok beton manhole	titik	Besi beton dia 6 mm	btg	37.5000	10,507.00	394,012.50
			kepala tukang besi beton	org/hr	0.5000	60,000.00	30,000.00
			tukang besi beton	org/hr	0.5000	47,500.00	23,750.00
						jumlah	447,762.50
6	Beton K 225 wet pit 205 (over flow)	m ³	Semen tiga roda 40 kg	sak	12.5000	36,445.00	455,562.50
			Pasir cor	m ³	6.2500	21,500.00	134,375.00
			pekerja	org/hr	12.5000	45,000.00	562,500.00
			concrete mixer	jam	12.5000	10,500.00	131,250.00
			water tank	jam	12.5000	35,000.00	437,500.00
			alat bantu	ls	1.0000	1,400.00	1,400.00
						jumlah	1,152,437.50

7	Beton K 125	m ³	Semen tiga roda 40 kg	sak	1.1050	36,445.00	40,270.72			
			Pasir cor	m ³	3.3149	21,500.00	71,270.35			
			besi beton dia 10 mm	btg	2.2099	83,990.00	185,613.26			
			batu pecah	m ³	0.5525	117,500.00	64,917.13			
			agregat A	m ³	0.5525	130,000.00	71,825.00			
			kayu	btg	1.1049	285,000.00	314,896.50			
			paku	kg	0.2762	40,000.00	11,048.00			
			mandor	org/hr	0.5525	60,000.00	33,149.17			
			kepala tukang besi beton	org/hr	0.5525	60,000.00	33,149.17			
			tukang besi beton	org/hr	0.5525	47,500.00	26,243.75			
			pembantu tukang	org/hr	1.1050	35,000.00	38,675.00			
			concrete mixer	jam	0.0553	10,500.00	580.13			
			water tank	jam	1.1050	35,000.00	38,675.00			
			concrete vibrator	jam	0.0553	10,500.00	580.13			
			alat bantu	ls	1.0000	1,250.00	1,250.00			
			jumlah							891,058.05
			8	Urugan pasir untuk bedding	m ³	Pasir urug	m ³	0.0956	875,000.00	83,652.01
mandor	org/hr	0.0478				60,000.00	2,868.07			
pekerja	org/hr	0.0956				45,000.00	4,302.10			
wheel loader	jam	0.1912				135,000.00	25,812.00			
dump truck	jam	0.2390				105,000.00	25,095.00			
motor grader	jam	0.0956				145,000.00	13,862.00			
water tank	jam	0.1434				35,000.00	5,019.00			
alat bantu	ls	1.0000				950.00	950.00			
jumlah							90,822.18			
9	Pemasangan pipa 100mm tipe VPC	m	pipa pvc dia 100 mm	btg	0.6793	80,476.00	54,671.20			
			tee dia 2"	bh	0.2264	3,000.00	679.35			
			mandor	org/hr	0.0091	60,000.00	546.00			
			kepala tukang Pipa	org/hr	0.0091	60,000.00	546.00			
			tukang pipa	org/hr	0.0453	47,500.00	2,151.75			
			pembantu tukang	org/hr	0.0272	35,000.00	952.00			
			alat bantu	ls	1.0000	135.00	135.00			
			jumlah							59,681.29
10	Pemasangan pipa 150mm tipe VPC	m	pipa pvc dia 150 mm	btg	0.2548	428,766.00	109,239.75			
			tee dia 3"	bh	0.1062	10,000.00	1,061.57			
			mandor	org/hr	0.0053	60,000.00	318.00			
			kepala tukang pipa	org/hr	0.0106	60,000.00	636.00			
			tukang pipa	org/hr	0.0372	47,500.00	1,767.00			
			pembantu tukang	org/hr	0.0212	35,000.00	742.00			
			alat bantu	ls	1.0000	155.00	155.00			
			jumlah							113,919.32

11	Grouting pipa	Titik	kepala lukang pipa	org/hr	0.2500	60,000.00	15,000.00
			tukang pipa	org/hr	1.0000	45,000.00	45,000.00
			jumlah				
12	Timbunan kembali dan pemadatan	m ³	agregat a	m ³	0.1454	130,000.00	18,907.13
			agregat b	m ³	0.1039	120,000.00	12,466.24
			pasir	m ³	0.2078	97,500.00	20,257.64
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.1039	36,445.00	3,786.10
			mandor	org/hr	0.0208	60,000.00	1,246.62
			pekerja	org/hr	0.0623	45,000.00	2,804.90
			concrete mixer	jam	0.1662	10,500.00	1,745.10
			concrete vibrator	jam	0.2909	35,000.00	10,181.50
			water tank	jam	0.3117	10,500.00	3,272.85
			alat bantu	ls	1.0000	129.00	129.00
jumlah					59,468.63		
13	Perbaikan perkerasan	m ²	agregat a	m ³	0.3968	130,000.00	51,587.30
			agregat b	m ³	0.6803	120,000.00	81,632.65
			lapisan penetrasi	m ²	1.1338	32,000.00	36,281.18
			batu pecah	m ³	0.2925	117,500.00	34,368.75
			mandor	org/hr	0.0113	60,000.00	680.27
			pekerja	org/hr	0.0340	45,000.00	1,530.61
			wheel loader	jam	0.1134	135,000.00	15,309.00
			dump truck	jam	0.0907	105,000.00	9,523.50
			motor grader	jam	0.1020	145,000.00	14,790.00
			vibro roller	jam	0.1134	10,500.00	1,190.70
			water tank	jam	0.1361	35,000.00	4,763.50
jumlah					251,657.47		
14	Pemasangan paving	m ²	paving block t = 6cm	m ²	0.6494	37,584.00	24,405.19
			semen tiga roda 40 kg	sak	0.9740	36,445.00	35,498.38
			kanstin	m	0.3247	40,000.00	12,987.01
			mandor	org/hr	0.3247	60,000.00	19,480.52
			pekerja	org/hr	0.6494	45,000.00	29,220.78
			alat bantu	ls	1.0000	225.00	225.00
jumlah					121,816.88		
E	Sekat holding						
1	Beton K-225	m ³	pasir cor	m ³	0.4334	21,500.00	9,318.89
			semen tiga roda 40 kg	sak	1.8576	36,445.00	67,699.69
			batu pecah	m ³	1.0836	117,500.00	127,321.98
			agregat a	m ²	0.4644	130,000.00	60,371.52
			kayu	btg	0.3096	285,000.00	88,236.00
			paku	kg	0.0774	40,000.00	3,096.00
mandor	org/hr	0.1548	60,000.00	9,287.93			

			kepala tukang batu	org/hr	0.1548	60,000.00	9,288.00
			tukang batu	org/hr	0.1548	47,500.00	7,352.94
			pembantu tukang	org/hr	0.3096	35,000.00	10,835.91
			concrete mixer	jam	0.3096	10,500.00	3,250.80
			water tank	jam	0.6192	35,000.00	21,672.00
			concrete vibrator	jam	0.9288	10,500.00	9,752.40
			alat bantu	ls	1.0000	320.29	320.29
						jumlah	427,804.34
2	Bekisting sekat holding	m ²	kayu	btg	0.6039	285,000.00	172,121.57
			paku	kg	0.0390	40,000.00	1,558.54
			mandor	org/hr	0.0195	60,000.00	1,168.91
			kepala tukang kayu	org/hr	0.0195	60,000.00	1,168.91
			tukang kayu	org/hr	0.0584	47,500.00	2,776.15
			pekerja	org/hr	0.0974	45,000.00	4,383.40
			alat bantu	ls	1.0000	245.00	245.00
						jumlah	183,177.48
3	Pembesian	kg	kawat bendrat	roll	0.0086	475,000.00	4,066.78
			besi beton dia 6 mm	btg	0.1070	26,500.00	2,836.04
			kepala tukang besi	org/hr	0.0021	60,000.00	128.42
			tukang besi	org/hr	0.0139	47,500.00	660.85
			pekerja	org/hr	0.0064	40,000.00	256.85
						jumlah	7,948.95
F	Pekerjaan pengaspalan kembali						
1	Overlay asphalt	m ²	alb	m ²	0.0655	44,000.00	2,881.95
			pasir pasang	m ³	0.0044	97,500.00	431.82
			batu pecah	m ³	0.0029	117,500.00	339.07
			prime coat	m ³	0.0742	1,242,000.00	92,190.39
			mandor	org/hr	0.0023	45,000.00	103.53
			pengemudi	org/hr	0.0002	40,000.00	6.90
			pembantu sopir	org/hr	0.0003	35,000.00	12.08
			kepala tukang batu	org/hr	0.0012	47,500.00	54.64
			tukang batu	org/hr	0.0058	60,000.00	345.11
			pembantu tukang	org/hr	0.0115	60,000.00	690.22
			wheel loader	jam	0.0072	135,000.00	972.00
			AMP	jam	0.0058	230,000.00	1,334.00
			generator set	jam	0.0086	37,500.00	322.50
			dump truck	jam	0.0035	105,000.00	362.25
			asphalt finisher	jam	0.0040	125,000.00	500.00
			tandem roller	jam	0.0029	60,000.00	174.00
			pneumatic tire roller	jam	0.0046	110,000.00	506.00
			alat bantu	ls	1.0000	135.00	135.00
						jumlah	97,055.72

2	Lapen, tebal=7cm	m ²	agregat a	m ²	0.2000	130,000.00	26,000.00			
			agregat b	m ²	0.4000	120,000.00	48,000.00			
			alb	m ²	6.7138	44,000.00	295,407.20			
			mandor	org/hr	0.0400	60,000.00	2,400.00			
			kepala tukang batu	org/hr	0.0200	60,000.00	1,200.00			
			tukang batu	org/hr	0.0400	47,500.00	1,900.00			
			pembantu tukang	org/hr	0.1000	35,000.00	3,500.00			
			wheel loader	jam	0.0800	135,000.00	10,800.00			
			AMP	jam	0.1600	230,000.00	36,800.00			
			generator set	jam	0.1600	37,500.00	6,000.00			
			dump truck	jam	0.1400	105,000.00	14,700.00			
			ashpall finisher	jam	0.0800	125,000.00	10,000.00			
			tandem roller	jam	0.0400	60,000.00	2,400.00			
			pneumatic tire roller	jam	0.0600	110,000.00	6,600.00			
			alat bantu	ls	1.0000	135.00	135.00			
			jumlah							374,907.20
			3	Marka jalan	m ²	cat marka jalan	bh	0.8636	21,444.00	18,518.13
minyak cat	bh	0.4030				17,000.00	6,850.89			
kepala tukang cat	org/hr	0.0576				60,000.00	3,454.23			
tukang cat	org/hr	0.2303				40,000.00	9,211.28			
compressor	jam	0.1152								
alat bantu	ls	1.0000								



Lampiran 5 : Daftar Harga Bahan Baku

Pekerjaan : Jaringan Air Limbah DSDP

Lokasi : Denpasar

No	Satuan	Volume	Uraian	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	m3	55.00	Agregat a	130,000.00	7,150,000.00
2	m3	85.00	Agregat b	120,000.00	10,200,000.00
3	bh	1.00	Apar	1,500,000.00	1,500,000.00
4	m2	1,474.44	Atb	44,000.00	64,875,360.00
5	Lbr	3.00	Bambu, gedeg dll	12,721,940.00	38,165,820.00
6	bh	100,000.00	Batu bata	445.00	44,500,000.00
7	m3	3.00	Batu kali	200,000.00	600,000.00
8	m3	500.00	Batu koral coklat	22,000.00	11,000,000.00
9	m3	250.00	Batu koral hitam	35,000.00	8,750,000.00
10	m3	119.47	Batu pecah	117,500.00	14,037,725.00
11	btg	804.00	Besi beton dia 10 mm	83,990.00	67,527,960.00
12	btg	525.00	Besi beton dia 6 mm	10,507.00	5,516,175.00
13	btg	250.00	Besi beton dia 8mm	53,799.00	13,449,750.00
14	bh	2.00	Buis beton	60,000.00	120,000.00
15	bh	5.00	Cat emco	22,000.00	110,000.00
16	bh	15.00	Cat marka jalan	21,444.00	321,660.00
17	bh	10.00	Dop dia 3'	5,000.00	50,000.00
18	bh	100.00	Dop dia 4'	6,000.00	600,000.00
19	bh	215.00	Elbow dia 100 mm	25,000.00	5,375,000.00
20	bh	20.00	Elbow dia 75 mm	15,000.00	300,000.00
21	bh	2.00	Elbow dia.150 mm	100,000.00	200,000.00
22	m	109.00	Kanstin	40,000.00	4,360,000.00
23	roll	8.00	Kawat bendrat	475,000.00	3,800,000.00
24	btg	35.00	Kayu	285,000.00	9,975,000.00
25	m2	55.00	Keramik	42,379.00	2,330,845.00
26	m2	200.00	Keramik 10x20	40,000.00	8,000,000.00
27	m2	100.00	Keramik 20x20	43,444.00	4,344,400.00
28	m2	355.00	Keramik 20x25	40,250.00	14,288,750.00
29	m2	250.00	Keramik 30x30	39,955.00	9,988,750.00
30	m2	150.00	Keramik 40x40	41,480.00	6,222,000.00
31	bh	14.00	Knee 45 dia 2'	2,500.00	35,000.00
32	bh	80.00	Knee 45 dia 2' lg	5,000.00	400,000.00
33	bh	25.00	Knee 45 dia 2.5' lg	6,500.00	162,500.00
34	bh	25.00	Knee 45 dia 3'	7,500.00	375,000.00
35	bh	50.00	Knee 45 dia 4'	15,000.00	750,000.00
36	bh	100.00	Knee 90 dia 3'	12,500.00	1,250,000.00

37	m2	1,300.34	Lapis penetrasi	32,000.00	41,610,880.00
38	m3	28.83	Limestone	55000	1,585,650.00
39	m	97.00	Man hole 1.0-1.8m	2,902,760.00	281,567,720.00
40	bh	7.00	Minyak cat	17,000.00	119,000.00
41	kg	15	Nat keramik	10,000.00	150,000.00
42	kg	3.00	Paku	40,000.00	120,000.00
43	Bh	4.00	Papan nama proyek	1,850,000.00	7,400,000.00
44	m3	159.55	Pasir cor	21,500.00	3,430,325.00
45	m3	87.00	Pasir pasang	97,500.00	8,482,500.00
46	m3	256.00	Pasir urug	87500	22,400,000.00
47	m2	2.00	Paving block t = 6cm	37,584.00	75,168.00
48	m2	1,550.84	Paving tiga berlian	37,273.00	57,804,459.32
49	m	1,349.50	Pipa beton dia. 200 mm	312,850.00	422,191,075.00
50	m	98.00	Pipa beton dia. 250 mm	386,200.00	37,847,600.00
51	m	173.95	Pipa beton dia. 300 mm	400,200.00	69,614,790.00
52	m	561.05	Pipa beton dia. 400 mm	450,500.00	252,753,025.00
53	btg	150.00	Pipa listrik	7,500.00	1,125,000.00
54	btg	100.00	Pipa pvc 1' aw	40,000.00	4,000,000.00
55	btg	30.00	Pipa pvc 1/2 aw	27,500.00	825,000.00
56	btg	150.00	Pipa pvc 2' aw	105,000.00	15,750,000.00
57	btg	126.00	Pipa pvc 2;	47,500.00	5,985,000.00
58	btg	259.00	Pipa pvc 3'	100,000.00	25,900,000.00
59	btg	110.00	Pipa pvc 3' d	110,000.00	12,100,000.00
60	m	100.00	Pipa pvc 3/4'	558,500.00	55,850,000.00
61	btg	200.00	Pipa pvc 3/4' aw	30,000.00	6,000,000.00
62	btg	135.00	Pipa pvc 4'	150,000.00	20,250,000.00
63	btg	150.00	Pipa pvc 4' ex maspion	150,000.00	22,500,000.00
64	btg	4,200.50	Pipa pvc dia 100mm	80,476.00	338,039,438.00
65	btg	48.00	Pipa pvc dia 150 mm	428,766.00	20,580,768.00
66	btg	5.00	Pipa pvc dia 75mm	68,540.00	342,700.00
67	btg	50.00	Pipapvc 1.5' aw	70,000.00	3,500,000.00
68	m3	1,290.50	Prime coat	1,242,000.00	1,602,801,000.00
69	set	19.00	Rambu fiber glass	300,000.00	5,700,000.00
70	set	10.00	Rambu-rambu	1,700,000.00	17,000,000.00
71	kg	10.00	Semen putih	10,000.00	100,000.00
72	sak	1,788.00	Semen tiga roda 40 kg	36,445.00	65,163,660.00
73	sak	140.00	Semen tonasa 50 kg	49,000.00	6,860,000.00
74	bh	38.00	Sikacim	28,667.00	1,089,346.00
75	bh	22.00	Sikadur 31 cf	375,000.00	8,250,000.00
76	bh	150.00	Sikadur 31 cf (6 set)	600,000.00	90,000,000.00
77	bh	1.00	Sikaset (20 liter)	350,000.00	350,000.00
78	bh	10.00	Socket 1'	3,500.00	35,000.00
79	bh	20.00	Socket 1.5'	4,000.00	80,000.00

80	bh	50.00	Socket 2' dv	1,750.00	87,500.00
81	bh	76.00	Socket 21/2	4,038.00	306,888.00
82	bh	10.00	Socket 3/4	2,100.00	21,000.00
83	bh	12.00	Socket 4'	8,000.00	96,000.00
84	bh	290.00	Socket dia 6' (rucika)	30,000.00	8,700,000.00
85	bh	75.00	Tee dia 2'	6,500.00	487,500.00
86	bh	25.00	Tee dia 2'	3,000.00	75,000.00
87	bh	100.00	Tee dia 2.5'	7,500.00	750,000.00
88	bh	20.00	Tee dia 3'	7,500.00	150,000.00
89	bh	20.00	Tee dia 3'	10,000.00	200,000.00
90	bh	20.00	Tee dia 4'	15,000.00	300,000.00
91	bh	5.00	Tee y dia 3'	22,500.00	112,500.00
92	bh	44.00	Tee y dia 3'	22,500.00	990,000.00
93	Lbr	2.00	Triplek 3 mm	40,000.00	80,000.00
94	Lbr	4.00	Triplek 6mm	75,000.00	300,000.00
95	Lbr	4.00	Triplek 9 mm	125,000.00	500,000.00
96	bh	3.00	Waterpass	7,500,000.00	22,500,000.00

