

**ANALISIS WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *CRASH DURATION* PADA
KETERLAMBATAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SEI HANYU
KABUPATEN KAPUAS**

Wateno Oetomo⁽¹⁾, Priyoto⁽²⁾, Uhad⁽³⁾

Pegawai Negeri Sipil
Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII
Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

ABSTRAK

Dalam melakukan analisa perbandingan biaya percepatan dengan waktu percepatan digunakan metode TCTO (Time Cost Trade Off). Analisa dilakukan dengan cara memanfaatkan/mempersingkat (crashing) waktu pelaksanaan dengan menggunakan alternatif menambah jam kerja (lembur) selama 3 jam . Dengan menerapkan analisa TCTO, pelaksanaan proyek pembangunan Jembatan Sei Hanyu ini yang durasinya setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *crash duration*, didapatkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas selama 1038 hari kalender (148 minggu), dapat dipercepat 44 hari dari perencanaan semula 1082 hari kalender (155 minggu).

Dengan adanya percepatan penyelesaian pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas, diperlukan tambahan biaya sebesar Rp 175.160.710,43 dengan penambahan biaya (*cost slope*) sebesar Rp 3.980.925,24 per hari selama 44 hari, sehingga biaya optimal yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah sebesar Rp 45.102.729.928,11 yang semula direncanakan sebesar Rp 44.927.569.217,68

Kata kunci : Metode *Crash Duration*, jembatan, *cost slope*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada proses pelaksanaan proyek, selalu terkait dengan biaya, waktu dan kualitas dari konstruksinya. Tahap awal dalam proyek konstruksi adalah tahap perencanaan. Perencanaan kegiatan-kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting karena perencanaan kegiatan merupakan dasar untuk proyek bisa berjalan dan agar proyek yang dilaksanakan dapat selesai dengan waktu yang optimal. Pada proses pelaksanaan suatu proyek konstruksi, akan selalu dipengaruhi oleh kegiatan sebelumnya yaitu mulai dari ide dan perencanaan yang telah direncanakan.

Dalam pembangunan suatu proyek konstruksi, pengendalian biaya proyek merupakan hal yang penting dalam proses pengelolaan biaya proyek. Dalam kegiatan suatu proyek akan banyak didapati masalah seperti penggunaan material yang boros, tenaga kerja yang kurang terampil dan waktu penyelesaian proyek yang tidak tepat waktu sehingga menyebabkan pemborosan biaya yang tidak sesuai perencanaan. Perencanaan, pengendalian biaya dan waktu merupakan bagian dari manajemen proyek konstruksi secara keseluruhan. Selain penilaian dari segi kualitas atau mutu, prestasi suatu proyek dapat pula dinilai dari segi biaya dan waktu. Biaya yang telah dikeluarkan dan waktu yang digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan harus diukur secara kontinyu penyimpangannya terhadap rencana. Adanya penyimpangan biaya dan waktu yang signifikan memberikan indikasi pengelolaan proyek yang kurang baik.

Suatu proyek akan dianggap berhasil apabila produk yang dihasilkan sesuai standar mutu, waktu pelaksanaan dan batas anggaran yang telah ditetapkan, terkadang ada kalanya terjadi penyimpangan antara ketiga aspek tersebut. Waktu dan biaya masih dapat dioptimalisasikan lagi, yang dimaksud dengan pengoptimalan biaya dalam hal ini adalah antara perbandingan biaya dan waktu yang terbaik, dimana dapat menghasilkan biaya yang minimum dengan waktu minimum pula, sedangkan untuk mutu merupakan mutlak tidak bisa dirubah dan harus sesuai dengan perencanaan.

Selain itu, waktu sangatlah penting dalam pelaksanaan proyek. Dengan adanya waktu, dapat ditentukan kapan suatu pekerjaan berakhir. Bahkan juga dapat diketahui boros atau efisien suatu pekerjaan jika tidak dapat memajemen dengan

baik. Pada tahapan perencanaan proyek, diperlukan adanya estimasi durasi waktu pelaksanaan proyek. Realita di lapangan menunjukkan bahwa waktu penyelesaian sebuah proyek bervariasi, akibatnya perkiraan waktu penyelesaian suatu proyek tidak bisa dipastikan akan dapat ditepati. Tingkat ketepatan estimasi waktu penyelesaian proyek ditentukan oleh tingkat ketepatan perkiraan durasi setiap kegiatan di dalam proyek. Selain ketepatan perkiraan waktu, penegasan hubungan antar kegiatan suatu proyek juga diperlukan untuk perencanaan suatu proyek. Dalam mengestimasi waktu dan biaya di sebuah proyek maka diperlukan optimalisasi.

Salah satu jembatan yang ada di Kabupaten Kapuas adalah jembatan Sei Hanyu. Dimana pembangunan jembatan ini untuk meningkatkan sarana transportasi darat sehingga diharapkan dapat membawa kemajuan diberbagai bidang.

Pada data awal perencanaan proyek, waktu penyelesaian proyek selama 1082 hari kalender dengan nilai kontrak sebesar Rp 58,141 Milyar. Dari data tersebut perlu dilakukan penelitian analisis waktu dan biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada proyek pembangunan Jembatan Sei Hanyu, sehingga ditinjau secara ekonomis, proyek tersebut dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar perubahan waktu dan biaya pada proyek pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten kapuas dengan Metode Time Cost Trade Off Analysis ?
2. Berapa besar efisiensi biaya percepatan akibat keterlambatan pelaksanaan pekerjaan ?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah :

1. Untuk menentukan besarnya perubahan waktu dan biaya dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis*.
2. Untuk menentukan efisiensi biaya percepatan akibat keterlambatan pelaksanaan pekerjaan.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan
 - a. Mengetahui gambaran yang benar tentang proses perencanaan proyek.
 - b. Mempunyai panduan tertulis yang berguna untuk menganalisa proses dan tindakan yang diambil sehingga dapat mengoptimalkan dalam pengendalian waktu dan biaya.
2. Sebagai literature dan masukan bagi mahasiswa yang berminat dengan permasalahan ini dalam meneliti pembangunan Jembatan.
3. Bagi Peneliti, penelitian ini bermanfaat untuk menambah wawasan dan sarana aplikasi teori yang diterima selama menempuh kuliah dengan data empiris yang ada dilapangan serta pengalaman penelitian khususnya tentang pembangunan jembatan dengan *Crash Duration*.

Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Batasan dan ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa kinerja proyek dilihat dari sudut pandang kontraktor pelak-sana.
2. Batasan masalah pada penelitian ini meliputi biaya dan waktu, pembangunan jembatan Sei hanyu Kabupaten Kapuas dari persiapan sampai finishing.
3. Dengan menggunakan metode Time Cost Trade Off (TCTO) atau Pertukaran Biaya dan Waktu.
4. Software yang digunakan untuk menganalisa jaringan kerja adalah Microsoft Excel dan Microsoft Project.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

1. Ariany Frederika (2010) melakukan penelitian dengan analisis *Crash Duration* pada proyek pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Bandung. Proyek ini mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya. Alternatif percepatan yang dipilih adalah dengan menambah jam kerja, dari satu jam sampai empat jam tanpa adanya penambahan tenaga kerja.
2. Penelitian Teguh Arifmawan Sudharta (2011) bertujuan untuk melakukan optimasi waktu pelaksanaan proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja pada proyek Hotel Penin Sula Bay *Resort*. Proyek ini mengalami keterlambatan sehingga dipilih sebagai objek penelitian. Penambahan jam kerja sebagai alternatif percepatan yang digunakan yaitu dari satu jam sampai tiga jam kerja. Data-data yang

diperlukan berupa data sekunder (RAB, daftar analisis harga satuan, daftar upah, dan *time schedule*).

3. Penelitian Rita Nawangsari Pamungkas dan Rizki Taufik Hidayat (2011) dengan judul Analisis *Crash Duration* Pada Proyek Konstruksi dengan mengambil studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Bersama Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Bantuan Pertamina Tahun 2010, Proyek Pembangunan Embung Tambakboyo Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan Lingkar Salatiga (Paket 2). Alternatif yang digunakan adalah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dengan tiga asumsi yang digunakan, yaitu *crashing* 6%, 8%, dan 15%.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Jevri Krisanto Lumbanbatu (2013) dengan judul Akselerasi Durasi Proyek Pada Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa Yang Berlokasi di Jl. Iskandar Muda Medan. Metode yang digunakan adalah *Crash Duration* dengan tujuan utama untuk mengetahui jumlah waktu yang dapat dipercepat dan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan. Proyek tersebut dipilih sebagai tempat studi penelitian karena mengalami keterlambatan pekerjaan. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain menyusun jaringan kerja dengan metode *Critical Path Method* (CPM), mengidentifikasi jalur kritis dan jalur non kritis dan melakukan analisis perhitungan percepatan waktu dan biaya proyek.

Penjadwalan Proyek

Adapun tujuan penjadwalan adalah sebagai berikut :

- a. Mempermudah perumusan masalah proyek.
- b. Menentukan metode atau cara yang sesuai.
- c. Kelancaran kegiatan lebih terorganisir.
- d. Mendapatkan hasil yang optimum.

Sedangkan fungsi penjadwalan dalam suatu proyek konstruksi antara lain :

- a. Menentukan durasi total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.
- b. Menentukan waktu pelaksanaan dari masing-masing kegiatan.
- c. Menentukan kegiatan-kegiatan yang tidak boleh terlambat atau tertunda pelaksanaannya dan menentukan jalur kritis.
- d. Menentukan kemajuan pelaksanaan proyek.
- e. Sebagai dasar perhitungan *cash flow* proyek

- f Sebagai dasar bagi penjadwalan sumber daya proyek, seperti tenaga kerja, material, dan peralatan.
- g Sebagai alat pengendalian proyek.

Data yang diperlukan adalah :

- a. Proyek konstruksi yang akan dilaksanakan.
- b. Metode pelaksanaan.
- c. Membuat list semua kegiatan yang sudah dilakukan untuk proyek tersebut, serta perkiraan waktu yang diperlukan.
- d. Urutan pelaksanaan kegiatan.
- e. Ketergantungan pelaksanaan antara kegiatan satu dan lainnya.

Mengingat perubahan-perubahan yang selalu terjadi pada saat pelaksanaan, maka beberapa faktor harus diperhatikan untuk membuat jadwal proyek yang cukup efektif, yaitu :

- a. Secara teknis, jadwal tersebut bisa dipertanggungjawabkan (*technically feasible*).
- b. Disusun berdasarkan perkiraan / ramalan yang akurat (*reliable estimate*) dimana perkiraan waktu, sumber daya, serta biayanya berdasarkan kegiatan pada proyek sebelumnya.
- c. Sesuai sumber daya yang sesuai.
- d. Sesuai penjadwalan proyek lainnya yang menggunakan sumber daya yang sama.
- e. *Fleksible* terhadap perubahan-perubahan, misalnya perubahan pada spesifikasi proyek.
- f. Mendetail yang dipakai sebagai alat pengukur hasil yang dicapai dan pengendalian kemajuan proyek.
- g. Dapat menampilkan kegiatan pokok kritis.

Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Proyek dan analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk dan hanya dapat dilakukan dalam periode waktu tertentu.

Menurut Sofyan Badri (1997) "*Network Planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (Variabel) yang digambarkan dalam *diagram network*". Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan yang mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ketempat lain demi efisiensi.

Sedangkan Menurut Soetomo Kajatmo (1977) "*Network Planning*" merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas

dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek". Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan kegiatan (aktifitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat tujuan tertentu.

Pengertian lain yang dikemukakan oleh Tubagus Haedar Ali (1995) yaitu *Network Planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan.

Tahapan dalam analisis proyek meliputi perencanaan, penjadwalan dan pengontrolan jalannya eksekusi dari semua kegiatan. Tahap ini perencanaan suatu proyek memerlukan pendefinisian yang dapat membedakan jenis dari setiap kegiatan yang yang terlibat didalamnya. Selain itu juga ketetapan prakiraan waktu yang diperlukan untuk memproses setiap kegiatan dalam pegasan hubungan antara kegiatan di suatu proyek. Hubungan antar kegiatan dalam suatu proyek dapat berupa hubungan mendahului, hubungan sejajar dan hubungan didahului. Begitu ketiga hal tersebut terpenuhi maka suatu model *network* yang sesuai dapat digunakan untuk menganalisis jadwal pelaksanaan dari seluruh kegiatan proyek.

1. Manfaat *Network Planning*

Network planning merupakan teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi interaksi antara kegiatan-kegiatan. Manfaat yang dapat dirasakan dari pemakaian analisis *network planing* adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengenali (identifikasi) jalur kritis (*critucal part*) dalam hal ini adalah jalur elemen yaitu kegiatan yang kritis dalam skala waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Dapat diketahui secara pasti kesukaran yang akan timbul jauh sebelum terjadinya sehingga dapat diambil tindakan yang presentatif.
3. Mempunyai kemampuan mengadakan perubahan-perubahan sumber daya dan memperhatikan efek terhadap waktu selesainya proyek.
4. Sebagai alat komunikasi yang efektif.
5. Memungkinkan tercapainya penyelenggaraan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung dan penggunaan sumber daya yang optimum.
6. Dapat dipergunakan untuk memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana.

2. Bentuk Network Planning

Notasi dan Simbol-simbol Network Planning.

- a.  : **Arrow** / anak panah yang menyatakan aktifitas/kegiatan yaitu suatu kegiatan atau pekerjaan dimana penyelesaiannya membutuhkan *durasi* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, alat, material dan biaya). Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, dimana panjang dan kemiringan tidak berpengaruh.
- b.  : **Node / Event**, yang merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian yaitu pertemuan dari permulaan dan akhir kegiatan.
- c.  : **Dummy** / anak panah terputus-putus yang menyatakan kegiatan semu yaitu aktifitas yang tidak membutuhkan *durasi* dan *resources*.
- d.  : **Double Arrow** / Dobel anak panah yang menunjukkan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).

Lintasan Kritis (*Critical Path*)

Dalam metode *critical path*, jalur kritis dapat dihitung dengan menghitung total durasi proyek. Langkah-langkah dalam penjadwalan dengan metode *Critical Path*, adalah sebagai berikut:

1. Menentukan aktivitas individu.
2. Menentukan urutan aktivitas-aktivitas (hubungan keterkaitan antar aktivitas).
3. Menggambar diagram jaringan kerja.
4. Estimasi waktu penyelesaian tiap aktivitas.
5. Identifikasi jalur kritis.
6. Memperbarui diagram *Critical Path*.

Untuk menentukan lintasan kritis, digunakan program bantu *Microsoft Project*. *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi untuk mengelola suatu proyek. *Microsoft Project* merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft Project* juga mampu membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan. Yang dikerjakan oleh *Microsoft Project* antara lain: mencatat kebutuhan tenaga kerja pada

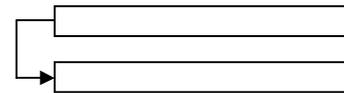
setiap sektor, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur dan menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek, serta membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja) (Kusrianto, 2008).

Dalam *Microsoft Project* ada beberapa istilah khusus, antara lain:

1. Task
Task adalah salah satu bentuk lembar kerja dalam *Microsoft Project* yang berisi rincian pekerjaan sebuah proyek.
2. Duration
Duration merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.
3. Start
Start merupakan nilai tanggal dimulainya suatu pekerjaan.
4. Finish
Dalam *Microsoft Project* tanggal akhir pekerjaan disebut finish, yang akan diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai (*start*) ditambah lama pekerjaan (*duration*).
5. Predecessor
Predecessor merupakan hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Ada hubungan saling ketergantungan antara tugas yang satu dengan tugas lain pada aplikasi *Microsoft Project*, dikenal 4 (empat) hubungan antartugas, yaitu:

1) Start to Start

Yaitu suatu tugas harus dimulai bersamaan waktunya dengan tugas lain.

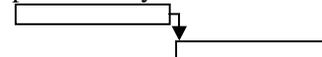


2) Start to Finish

Yaitu suatu tugas baru boleh diakhiri jika tugas lain dimulai.

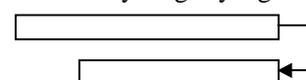
3) Finish to Start

Yaitu suatu tugas baru boleh dimulai jika tugas pendahulunya telah selesai.



4) Finish to Finish

Yaitu suatu tugas harus selesai bersamaan dengan selesainya tugas yang lain.



6. Resources
Sumber daya, baik sumber daya manusia maupun material dalam Ms. Project disebut dengan resources.
7. Baseline
Baseline adalah suatu rencana baik jadwal maupun biaya yang telah disetujui dan ditetapkan.
8. Gantt Chart
Gantt chart merupakan salah bentuk tampilan dari Ms. Project yang berupa batang-batang horizontal yang menggambarkan masing-masing pekerjaan beserta durasinya.
9. Tracking
Tracking adalah mengisikan data yang terdapat di lapangan pada perencanaan yang telah dibuat.

Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Mempercepat penyelesaian waktu proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dinamakan *Crash Program*. Dengan diadakannya percepatan proyek ini, akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada kegiatan yang akan diadakannya *crash program*. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (*crash duration*) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini akan tidak efektif lagi.

Durasi percepatan (*crashing*) maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, Iman, 1999).

Konsekuensi dari percepatan proyek atau *crashing program* adalah meningkatnya biaya langsung (*direct cost*)

Pertukaran Biaya Dan Waktu (Time Cost Trade Off)

Penyelesaian aktivitas didalam suatu proyek memerlukan penggunaan sejumlah sumber daya minimum dan waktu penyelesaian yang optimum, sehingga aktivitas akan dapat diselesaikan dengan biaya normal dan durasi normal. Jika suatu saat diperlukan penyelesaian yang lebih cepat, penambahan sumber daya memungkinkan pengurangan durasi proyek dengan melakukan kompresi durasi aktivitas, harus tetap

diupayakan agar penambahan dari segi biaya seminimal mungkin. Pengendalian biaya yang dilakukan adalah biaya langsung, karena biaya inilah yang akan bertambah apabila dilakukan pengurangan durasi. Kompresi ini dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah. Percepatan durasi dapat dilaksanakan dengan cara penambahan jumlah tenaga kerja, penambahan jam kerja (lembur), penambahan atau penggantian peralatan yang lebih produktif, dan penggantian material yang dapat membuat pekerjaan lebih cepat tanpa mengurangi mutu serta penyempurnaan metode pelaksanaan konstruksi.

Metode Crash Duration

Dalam penyusunan *schedule* suatu proyek konstruksi biasanya tidak langsung dihasilkan suatu *schedule* yang ideal, salah satu tujuan penyusunan *schedule* adalah menghasilkan *schedule* yang realistis berdasarkan estimasi yang wajar. Banyak terjadi penetapan durasi suatu proyek ditetapkan oleh pemilik proyek tanpa mempertimbangkan jenis kegiatan dan kompleksnya pekerjaan. Hal ini membuat para *scheduler* melakukan penyesuaian durasi dari tiap pekerjaan agar dapat memenuhi permintaan pemilik proyek, sehingga dapat menghasilkan *schedule* yang tidak efisien dan kadangkadang tidak realistis, seperti terjadinya *shift* dalam pelaksanaan kerja, kerja lembur atau mengerahkan tenaga kerja dalam kelompok yang besar. Proses *crashing* adalah dengan mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Proses *crashing* dengan cara melakukan perkiraan dari *variable cost* dalam menentukan pengurangan durasi yang maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi.

Dalam melaksanakan suatu kegiatan proyek konstruksi terdapat berbagai pekerjaan, terutama dalam proyek gedung jenis kegiatan tersebut dapat mencapai puluhan, ratusan atau bahkan ribuan item kegiatan. Kegiatan dalam suatu proyek dapat dipercepat dengan berbagai cara (Erviyanto, 2004), yaitu :

1. Mengadakan *shift* pekerjaan.
Membagi jumlah tenaga kerja menjadi beberapa kelompok yang bekerja secara bergantian, yang bertujuan untuk meminimalisasi turunnya

kemampuan tenaga kerja akibat kerja lembur yang terlalu lama.

2. Memperpanjang waktu kerja (lembur)
Kerja lembur adalah penambahan jam kerja dari waktu yang ditetapkan untuk setiap harinya. Perhitungan upah lembur tenaga kerja di Indonesia menunjuk kepada surat keputusan Menteri Tenaga Kerja No : KEP-72/MEN/84 tentang dasar upah lembur.

3. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif.

4. Menambah jumlah pekerja.
Dengan menambah jumlah pekerja, maka waktu pelaksanaan akan lebih singkat.

Hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Kapasitas lahan proyek untuk menampung sejumlah pekerja.
- b. Produktifitas pekerja, untuk besarnya nilai produktivitas dapat diperoleh dari pengalaman.
- c. Efektifitas dalam pengawasan tenaga kerja.
- d. Keamanan tenaga kerja.
- e. Biaya upah tenaga kerja.

Jumlah tenaga kerja sangat berhubungan dengan nilai produktivitas tenaga kerja agar sesuai dengan waktu yang diperlukan.

5. Dengan menggunakan material yang dapat lebih cepat penggunaannya.

Hal yang perlu diperhatikan :

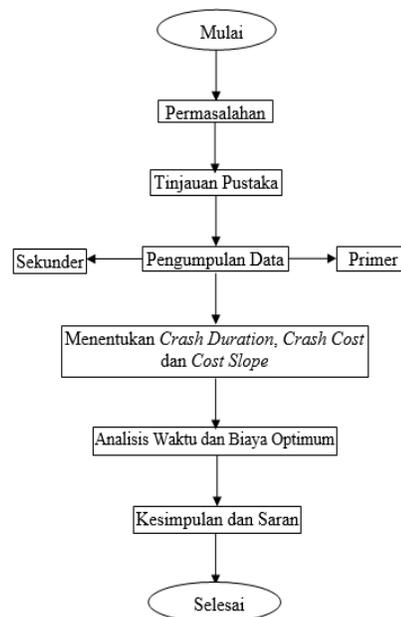
- a. Produktivitas alat tambahan tersebut.
 - b. Perlu tidaknya tenaga ahli untuk menangani alat tersebut.
 - c. Harga, biaya, dan perawatan.
6. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.

Apabila metode pekerjaan yang sedang dilaksanakan kurang efisien, maka perubahan metode pelaksanaan pun bisa dilakukan sebagai solusi agar pengerjaan pekerjaan bisa lebih cepat dan sesuai dengan harapan.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

Subyek Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Secara Geografis Provinsi Kalimantan Tengah terletak antara 0°45"LU- 3°30"LS dan 111°BT-116° BT diantara tiga provinsi tetangga yaitu Provinsi Kalimantan Barat, Provinsi Kalimantan Timur dan Provinsi Kalimantan Selatan dengan Luas Wilayah Kalimantan Tengah sebesar 153.564 Km² atau 8,04 persen dari total luas daratan.

Dengan sebelas sungai besar dan tidak kurang dari 33 sungai kecil/anak sungai, dan menjadi salah satu ciri khas Kalimantan Tengah.

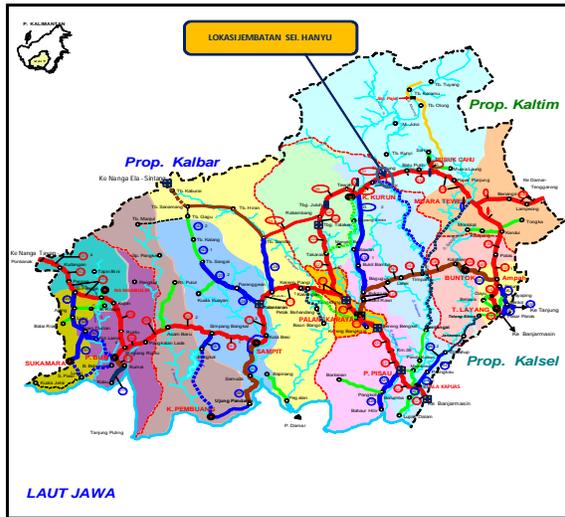
Berdasarkan sensus Tahun 2010 ,memiliki populasi 2.202.599 jiwa, yang terdiri atas 1.147.878 laki-laki dan 1.054.721 perempuan .Kalimantan Tengah mempunyai 13 kabupaten dan 1 kotamadya.

Salah satunya Pemba-ngunan Jembatan Sei Hanyu yang berada di Kecamatan Kapuas Hulu adalah Jembatan yang menghubungkan tiga Kabupaten Kota yaitu Kabupaten Gunung Mas ,Kabupaten Kapuas dan Kabupaten Murung Raya .

2. Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah pada Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu yang berada pada wilayah Kecamatan Kapuas Hulu Kabupaten Kapuas.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta Lokasi dibawah ini :



Gambar 3.2 Peta Lokasi Proyek.

Instrumen Penelitian

Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah dokumen laporan pelaksanaan dan spesifikasi teknik pelaksanaan, meliputi metode pelaksanaan yang digunakan dalam melaksanakan pekerjaan pelaksanaan, jumlah orang yang dipakai atau digunakan dalam pengerjaan dari tiap item pekerjaan, *Time Schedule* dan jumlah jam kerja yang terjadi dan sesuai dengan di lapangan, Gambar denah pelaksanaan serta gambar pelaksanaan lainnya yang berhubungan.

Teknik Analisis Data

1. Data primer

Data yang diperoleh dari Kontraktor PT. DEWANTO CIPTA PRATAMA maupun pengamatan sendiri di lapangan.

2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari perpustakaan dengan mempelajari buku-buku dan berbagai literatur yang berhubungan dengan topik yang dibahas yaitu Time Cost Trade Off (TCTO) kemudian dianalisa untuk tahap selanjutnya.

Perhitungan Produktivitas Harian Normal

Produktivitas harian normal dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan volume tertentu tiap harinya berdasarkan durasi normal tanpa

adanya tambahan usaha atau alternatif percepatan. Secara umum produktivitas harian normal dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas Harian Normal} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3.1)$$

Perhitungan Produktivitas Harian Percepatan

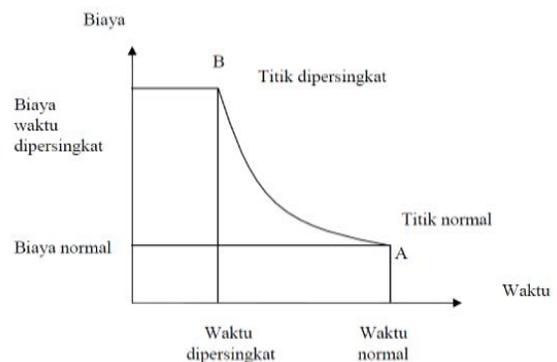
Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas harian normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per hari. Penambahan jam kerja lembur sesuai peraturan yang berlaku dilakukan selama 3 jam per hari, sedangkan produktivitas pekerja jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja regular (Chusairi, 2015).

Menentukan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*

Setelah diketahui besarnya produktivitas harian percepatan akibat jam lembur, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi percepatan (*crash duration*) dan biaya langsung percepatan (*crash cost*). Perhitungan *crash duration* ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas mampu untuk dilakukan *crashing* (*crashability*), sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari slope biaya (*cost slope*) masing-masing aktivitas.

Analisis Waktu dan Biaya Optimum

Setelah didapatkan rekapitulasi *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*, selanjutnya dilakukan analisis waktu dan biaya optimum melalui grafik hubungan waktu *versus* biaya.



Gambar 3.3. Grafik Hubungan Waktu - Biaya Normal dan Dipercepat

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1. RAB Pekerjaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas

Data Proyek

Data Umum Proyek

Lokasi penelitian adalah Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas, yang bertujuan untuk meningkatkan peranan jembatan, pengembangan wilayah yang menghubungkan pusat – pusat pertumbuhan dengan wilayah dalam pelayanan sistem jaringan primer, memperlancar hubungan transportasi darat di Kabupaten Kapuas, serta memacu pertumbuhan ekonomi masyarakat berkat lancarnya distribusi barang dan jasa.

Deskripsi Kontrak

Kontrak Multy Yers Contract (MYC)

Kontraktor Pelaksana : PT. DEWANTO CIPTA PRATAMA

Konsultansi Supervisi : PT. WIRAGUNA TANI

Nilai Kontrak Induk : Rp 58.141.500.000

Nomor Kontrak Induk : KU.08.08/KTRK/ SNVT.PJN.WIL II/PPK 12/XII/178

Tanggal Kontrak : 07 Desember 2011

Waktu Pelaksanaan : 845 Hari Kalender

Waktu Pemeliharaan : 540 Hari Kalender

Data Pelaksanaan Proyek

Data pelaksanaan proyek merupakan data RAB pekerjaan berupa uraian pekerjaan, satuan, kuantitas, harga satuan, jumlah harga dan bobot rencana proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah sebagai berikut :

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)	Bobot
1	m ²	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
2	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
3	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
4	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
5	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
6	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
7	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
8	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
9	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
10	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
11	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
12	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
13	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
14	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
15	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
16	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
17	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
18	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
19	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
20	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
21	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
22	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
23	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
24	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
25	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
26	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
27	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
28	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
29	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
30	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
31	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
32	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
33	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
34	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
35	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
36	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
37	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
38	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
39	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
40	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
41	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
42	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
43	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
44	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
45	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
46	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
47	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
48	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
49	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
50	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
51	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
52	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
53	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
54	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
55	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
56	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
57	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
58	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
59	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
60	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
61	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
62	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
63	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
64	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
65	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
66	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
67	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
68	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
69	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
70	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
71	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
72	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
73	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
74	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
75	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
76	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
77	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
78	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
79	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
80	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
81	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
82	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
83	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
84	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
85	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
86	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
87	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
88	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
89	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
90	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
91	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
92	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
93	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
94	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
95	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
96	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
97	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
98	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
99	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000
100	m ³	1.000	1.000.000	1.000.000.000	1,0000

Dari tabel 4.1 didapatkan biaya pekerjaan yang paling dominan adalah pekerjaan struktur, dengan bobot pekerjaan 93,533% dari keseluruhan biaya proyek.

Pada saat peninjauan di lapangan, ditemukan adanya keterlambatan dalam pelaksanaannya, yaitu sebesar 2,03% dari kondisi rencana. Kumulatif *Progress* yang direncanakan hingga pada akhir Desember 2014 *progress* realisasinya hanya sebesar 97,97%.

4.2. Analisa Crashing Program

Dalam mempercepat durasi proyek biasanya dilakukan pada pekerjaan-pekerjaan yang memiliki lintasan kritis. Karena kegiatan-kegiatan yang memberikan pengaruh besar pada proyek berada pada jalur kritis tersebut.

Adapun ketetapan rencana pada alternatif penambahan jam kerja ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam kerja per hari (08.00 – 17.00) dengan 1 jam istirahat (12.00 – 13.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal selama 3 jam per hari (18.30 – 22.30). Dalam seminggu hanya dilakukan 6 hari kerja, yaitu Senin – Sabtu.
2. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.102/MEN/VI/ 2004 pasal 11, upah

untuk jam kerja (lembur) diperhitungkan sebagai berikut:

- a. Untuk 1 jam kerja lembur pertama, upah yang harus dibayar adalah 1,5 kali upah sejam.
 - b. Untuk setiap jam kerja berikutnya, upah yang harus dibayarkan adalah 2 kali upah sejam.
3. Produktivitas untuk jam kerja lembur diperhitungkan sebesar 60% dari produktivitas normal

- c. Pembuatan diagram network dari jadwal kegiatan pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah sebagai berikut :

Penentuan Lintasan Kritis (Critical Path)

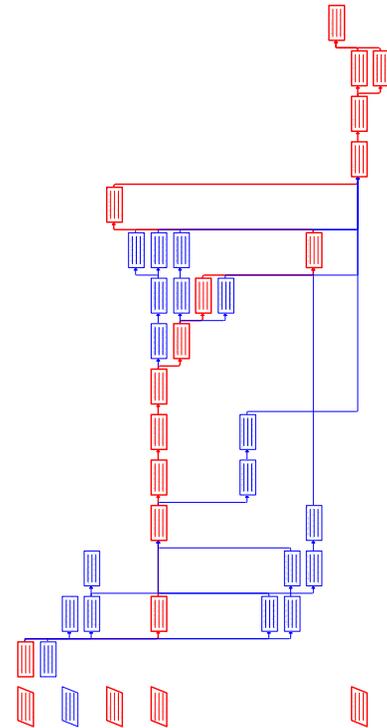
Langkah-langkah penentuan lintasan kritis adalah :

- a. Pembuatan jadwal rencana kegiatan pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas dengan Schedulle Diagram Batang untuk mendapatkan waktu normal dalam melaksanakan suatu kegiatan .Adapun Schedulle Diagram Batang tersebut terdapat pada Lampiran : Gambar 4.2
- b. Waktu yang didapat dari Schedulle Diagram Batang dapat dibuat *Microsoft Project*

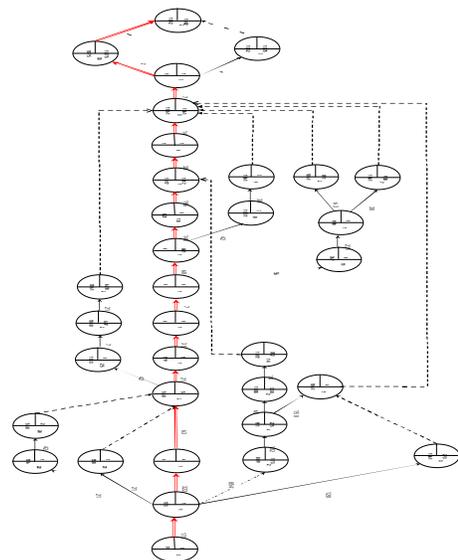
Tabel 4.2. Jadwal Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas Dengan *Microsoft Project*

ID	Name	Duration	Start	Finish	Predecessor
	Umum	854 days	Wed 07/12/11	Thu 21/05/15	
1.	Mobilisasi	173 days	Wed 07/12/11	Fri 17/08/12	
2.	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	854 days	Wed 07/12/11	Fri 21/05/15	1
	Pekerjaan Tanah	933 days	Fri 17/08/12	Tue 07/06/16	
3.	Galian Biasa	120 days	Fri 17/08/12	Wed 13/02/13	1
4.	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 - 2 meter	102 days	Thu 21/05/15	Fri 22/10/15	2
5.	Timbangan Pilihan	150 days	Thu 22/10/15	Tue 07/06/16	4
	Perkerasan Bahu	588 days	Thu 16/10/14	Mon 20/03/17	
6.	Lapis Permakaa Agregat Tanpa Penutup Aspal	30 days	Wed 01/02/17	Mon 20/03/17	19
7.	Lapis Pondasi Agregat Tanpa Penutup Aspal	30 days	Wed 01/02/17	Mon 20/03/17	10
	Struktur	1137 days	Fri 17/08/12	Fri 11/05/17	
8.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350)	42 days	Fri 11/09/15	Fri 13/11/15	15
9.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350) (Nggikan)	30 days	Fri 13/11/15	Wed 30/12/15	8
10.	Beton mutu sedang dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Koran)	30 days	Wed 03/09/14	Fri 16/10/14	11
11.	Beton Mutu Seding dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Pondasi)	66 days	Mon 16/06/14	Wed 03/09/14	16
12.	Beton mutu Rendah dengan f'c = 15 MPa (K-175)	35 days	Tue 15/04/14	Wed 04/06/14	13
13.	Beton mutu rendah dengan f'c = 10 MPa (K-125)	21 days	Thu 13/03/14	Tue 15/06/14	25
14.	Baja Tulangan Ø 24 Probs	14 days	Wed 27/01/16	Wed 17/02/16	27
15.	Baja Tulangan Ø 20 Ular	60 days	Mon 16/06/14	Fri 11/09/15	16
16.	Baja Struktur B3 54 (T & R Lebih 210 MPa), dan vedulan dan pemasangan	7 days	Wed 04/06/14	Mon 16/06/14	12
17.	Pengangan Struktur Jembatan Rangka Baja Panjang 130 meter, lebar 9 meter.	322 days	Fri 17/08/12	Fri 12/12/13	1
18.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	140 days	Fri 11/09/15	Tue 12/04/16	15
19.	Pemasaan Jembatan Rangka Baja	196 days	Tue 12/04/16	Wed 01/02/17	14,18
20.	Pondasi Cencuk, Pengandan dan Pemancangan	21 days	Fri 11/09/15	Wed 14/10/15	15
21.	Pengandan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	21 days	Fri 17/08/12	Tue 18/09/12	1
22.	Pengandan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	21 days	Fri 17/08/12	Fri 18/09/12	1
23.	Pemancangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm.	63 days	Thu 12/12/13	Thu 13/03/14	17,21,24
24.	Pemancangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm.	42 days	Tue 18/09/12	Tue 20/11/12	22
25.	Tambahan Biaya per Meter Pembayaran 7,671 x d 7,6 (10) bila tiang didalam air	42 days	Thu 13/03/14	Fri 15/05/14	23
26.	Pengangan Pembebanan Dinamis pd Tiang Ø 600 mm dan 1000 mm menggunakan PDA (Fda Drivng Analysis)	7 days	Thu 15/05/14	Sat 24/05/14	25
27.	Pemangan Batu	63 days	Thu 22/10/15	Tue 26/01/16	4
28.	Bronjong	63 days	Thu 16/10/14	Wed 14/01/15	10
29.	Pagan Nama Jembatan	7 days	Mon 01/05/17	Fri 11/05/17	30,33
	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	28 days	Mon 20/03/17	Mon 01/05/17	
30.	Rambu Jalan Tunggal dengan Permakaa Pemasat al Engineer Grade.	7 days	Thu 20/04/17	Mon 01/05/17	31
31.	Prak Pengerob.	7 days	Mon 10/04/17	Wed 19/04/17	32
32.	Rci Pemasangan	14 days	Mon 20/03/17	Mon 10/04/17	5,6,7,9,20,28
33.	Lampu Penerangan Jembatan (Lampu Selay)	7 days	Thu 20/04/17	Mon 01/05/17	

Keterangan : FS = Finish to Start
 SS = Start to Start



Gambar 4.2. Diagram Network Pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas Dengan *Microsoft Project*.



Dari tabel 4.2 dapat ditentukan waktu kegiatan dipercepat sebagai berikut:

Tabel 4.3. Kegiatan Pekerjaan Durasi Normal

No	Nama Kegiatan	Durasi Normal (Hari)	Kegiatan Pendahulu
Umum			
1.	Mobilisasi	173,00	-
2.	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	884,00	1
Pekerjaan Tanah			
3.	Galian Biasa	120,00	1
4.	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 - 2 meter	102,00	2
5.	Timbunan Pilihan	150,00	4,3
Perkerasan Berbutir			
6.	Lapis Permukaan Agregat Tanpa Penutup Aspal	30,00	19
7.	Lapis Pondasi Agregat Tanpa Penutup Aspal	30,00	10
Struktur			
8.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350)	42,00	11
9.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350) (Negosiasi)	30,00	8
10.	Beton mutu sedang dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Elevasi)	231,00	11
11.	Beton Mutu Sengah dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Pondasi)	56,00	16
12.	Beton mutu Rendah dengan f'c = 15 MPa (K-175)	35,00	13
13.	Beton mutu rendah dengan f'c = 10 MPa (K-125)	21,00	23
14.	Baja Tulangan BJ 24 Polos	14,00	27
15.	Baja Tulangan BJ 39 Ulir	60,00	16
16.	Baja Struktur BJ 34 (Trik Leleh 210 MPa), penyediaan dan pemasangan	7,00	12
17.	Pengadaan Struktur Jembatan Rangka Baja Panjang 280 meter, lebar 9 meter	322,00	1
18.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	140,00	15
19.	Pemasangan Jembatan Rangka Baja	196,00	14, 18
20.	Fondasi Cerucuk, Pengadaan dan Pemasangan	21,00	15
21.	Pengadaan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	21,00	1
22.	Pengadaan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	21,00	1
23.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	63,00	17, 21, 24
24.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	42,00	22
25.	Tambahan Biaya uk Mata Pembayaran 7.6(7) s/d 7.6.(10) bila tiang didalam air	42,00	23
26.	Pengujian Pembebanan Dinamis pd Tiang Ø 600 mm dan 1000 mm jenis PDA (Pile Driving Analysis)	7,00	25
27.	Pasangan Batu	63,00	4
28.	Bronjong	63,00	10
29.	Papan Nama Jembatan	7,00	30, 33
Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor			
30.	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	7,00	31
31.	Patok Pengarah	7,00	32
32.	Rel Pengaman	14,00	5, 6, 7, 9, 20, 26, 28,
33.	Lampu Penerangan Jembatan (Lampu Surya)	7,00	31

Sumber : Tabel 4.2

Dari tabel 4.3 tersebut dapat ditentukan lintasan kritis dengan menggunakan *network planning* sebagai berikut :

Tabel 4.4. Kegiatan Pekerjaan Kritis Pembangunan Jembatan (Durasi Normal).

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp)	Bobot	Durasi (Hari)
Umum							
1.	Mobilisasi	Ls		826.194.540,00	826.194.540,00	1,563	173
Perkerasan Berbutir							
6.	Lapis Permukaan Agregat Tanpa Penutup Aspal	m ²	280,5	576.723,00	161.773.108,39	0,306	30
Struktur							
12.	Beton Mutu rendah dengan f'c = 15 MPa (K-175)	m ³	257,61	1.331.269,79	342.950.172,14	0,649	39
13.	Beton Mutu rendah dengan f'c = 10 MPa (K-125)	m ³	53,61	1.004.564,79	53.859.238,93	0,102	21
15.	Baja Tulangan BJ 39 Ulir	Kg	579.175,82	13.438,56	7.783.288.953,86	14,725	60
16.	Baja Struktur BJ 34 (Trik Leleh 210 MPa), penyediaan dan pemasangan	Kg	4.084,80	25.223,20	103.031.728,42	0,195	7
17.	Pengadaan Struktur Jembatan Rangka Baja Panjang 280 meter, lebar 9 meter	Kg	880.500,99	25.915,54	22.818.656.293,99	43,171	322
18.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.500,99	3.029,78	2.667.724.016,80	5,047	140
19.	Pemasangan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.500,99	2.395,19	2.108.966.950,67	3,99	196
23.	Pemasangan Tiang Pancang Baja Ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	m.Pig	432	269.214,90	116.300.836,80	0,22	63
Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor							
29.	Papan Nama Jembatan	Ls	1	2.004.243,00	2.004.243,00	0,004	7
31.	Patok Pengarah	Buah	156	214.046,07	32.106.910,50	0,061	7
32.	Rel Pengaman	m ²	200	770.448,81	154.089.762,00	0,292	14
33.	Lampu Penerangan Jembatan (Lampu Surya)	Buah	1	24.028.670,02	24.028.670,02	0,046	7
Total							1,882

Gambar 4.3. Diagram Network (Durasi Normal) Pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas

Kegiatan Pekerjaan Pembangunan Jembatan yang tidak boleh ditunda berada pada (Lintasan Kritis) yang terdapat pada Gambar 4.3 Diagram Network (Durasi Normal) adalah sebagai berikut :

Perhitungan Produktivitas Harian, Normal dan Percepatan

Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas harian normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per hari. Penambahan jam kerja lembur sesuai Peraturan yang berlaku dilakukan selama 3 jam per hari, sedangkan produktivitas pekerja jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja regular.

Langkah-langkah perhitungan produktivitas harian percepatan pekerjaan kritis adalah sebagai berikut :

- Menghitung volume pekerjaan
- Menghitung durasi normal
- Menghitung produktivitas harian normal
- Produktivitas normal/jam
- Produktivitas jam lembur
- Produktivitas harian percepatan

Contoh : 1

Perhitungan produktivitas harian normal pada Lapis Permukaan Agregat tanpa Penutup Aspal:

- Volume pekerjaan = 280,50 m³
- Harga Satuan = Rp. 576.723,00 / m³
- Durasi normal = 30 hari
- Produktivitas harian normal = a/d = $\frac{280,50 \text{ m}^3}{30 \text{ Hari}} = 9,350 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Produktivitas normal/jam = e/8 = $\frac{9,350 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam/hari}} = 1,169 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Produktivitas jam lembur = 3 x f x 0,80 = 3 x 1,169 x 0,80 = 2,8056 m³/jam
- Produktivitas harian percepatan = (f + g) x 8

$$= (1,169 + 2,8056) \times 8$$

$$= 31,7968 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan cara yang sama perhitungan produktivitas harian, normal dan percepatan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Produktivitas Harian Percepatan Pekerjaan Kritis

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Normal Cost	Durasi Normal	Produktivitas Harian Normal	Produktivitas normal per jam	Produktivitas Lembur	Produktivitas harian percepatan
			a	b	c	d	e = a/d	f = e/8	g = 3 x f x 0,8	h = f + g/2
1.	Mobilisasi	ls	1,00	826.944.540,00	826.944.540,00	175	0,0058	0,0007	0,0007	0,0019
PEKERJAAN BERBUTIR										
6.	Lapis Permukaan Agregat Tanpa Penutup Aspal	m ³	280,50	576.723,00	161.770.801,50	30	9,3500	1,1688	2,8050	31,7900
STRUKTUR										
12.	Beton Mutu rendah dengan f'c = 150 Mpa (K-175)	m ³	257,61	1.331.249,79	342.948.470,60	35	7,3603	0,9200	2,2080	25,0250
13.	Beton Mutu rendah dengan f'c = 100 Mpa (K-125)	m ³	53,61	1.004.564,79	53.854.776,39	21	2,5524	0,3191	0,7469	8,6791
15.	Baja Tulangan Ø19 UHR	Kg	579.175,52	13.438,36	7.782.289.030,62	60	962,9303	1206,6163	2.865,88	3289,9631
16.	Baja Struktur Ø14 (Tika Leleh 210 Mpa) penyediaan dan pemasangan	Kg	4.884,80	25.223,20	123.031.727,36	7	583,5429	72,9429	175,0629	198,0465
17.	Panjang 200 meter Jalar 9 meter	Kg	880.300,90	25.915,54	22.818.656.295,95	222	2704,4748	341,8094	820,3425	9297,2146
18.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.300,90	3.029,78	2.667.724.076,80	140	6289,2927	786,1615	1886,7819	21383,5933
19.	Pemasangan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.300,90	2.995,19	2.708.966.930,67	196	4492,3519	561,5469	1347,7033	15271,9952
23.	Pemasangan Tiang Pancang Baja Ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	m Ptg	432,00	269.214,90	116.300.636,80	63	6,8571	0,8571	2,0871	23,3143
PERGEMBLUAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR										
29.	Pipian Nama Jembatan	ls	1,00	20.004.243,00	20.004.243,00	7	0,1429	0,0179	0,0429	0,4857
31.	Patok Pengarah	Buah	150,00	214.046,07	32.106.910,50	7	21,4286	2,6786	6,4286	72,8571
32.	Rel Pengaman	m'	200,00	770.448,81	154.089.762,00	14	14,2857	1,7857	4,2857	48,5714
33.	Lampu Pemasangan Jembatan (Lampu Surya)	Buah	4,00	24.028.630,62	96.114.532,48	7	0,5714	0,0714	0,1714	1,9429
	Jumlah				37.285.052.741,71	1020				

Perhitungan Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope

Setelah diketahui besarnya produktivitas harian percepatan pekerjaan kritis, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi percepatan (*crash duration*) dan biaya langsung percepatan (*crash cost*). Perhitungan *crash duration* ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas mampu untuk dilakukan *crashing* (*crashability*), sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari slope biaya (*cost slope*) masing-masing aktivitas.

Untuk menentukan *Crash Cost* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Menghitung upah kerja harian normal, yaitu produktivitas harian x harga satuan upah kerja
- Menghitung upah kerja normal, yaitu produktivitas per jam x harga satuan upah kerja
- Menghitung upah kerja lembur per hari:
 - Untuk 3 jam lembur = (1,5 x upah sejam normal) + 2(2 x upah sejam normal)

- Untuk 4 jam lembur = (1,5 x upah sejam normal) + 3(2 x upah sejam normal)

d. Menghitung *Crash Cost* per hari, yaitu upah harian + upah kerja lembur per hari

d. Menghitung *Crash Cost* total, yaitu *Crash Cost* per hari + *Crash Duration*

Contoh : 1

Perhitungan *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* untuk Pekerjaan Lapis Permukaan Agregat tanpa Penutup Aspal sebagai berikut:

- Volume pekerjaan = 280,50 m³
- Durasi Percepatan = 29 Hari
- Normal cost = Rp 161.770.801,50
- Durasi normal = 30 hari
- Produktivitas normal/hari = 9,3500 m³/jam
- Produktivitas normal/jam = 1,1688 m³/jam
- Produktivitas Lembur /Jam = 2,8050 m³/jam
- Produktivitas harian percepatan = 31,7968 m³/hari
- Crash duration* =

$$b - \left(\frac{a}{h} \right) = 30 - \left(\frac{280,50 \text{ m}^3}{31,7968 \text{ m}^3/\text{hari}} / 8 \right) = 29 \text{ hari } j$$

Upah normal/jam = d x g
 = Rp 576.723,00/m³ x 1,1687 m³/jam
 = Rp 674.016,17/jam

k. Upah normal/hari = j x 8
 = Rp 674.016,17/jam x 8
 = Rp 5.392.129,361/hari

l. Upah 3 jam lembur/ hari = (1,5 x j) + 2 x (2x j)
 = (1,5 x Rp 674.016,17) + 2 x (2x Rp 674.016,17)
 = Rp 3.707.088,935/hari

m. Cost Upah Percepatan/hari = (c+1)/i
 = (Rp.161.770.801,50 + Rp.3.707.88,935) / 29
 = Rp.5.706.139,62 /hari

n. Cost upah/hari = (c + m) + Rp
 = Rp161.770.801,50/hari + 5.706.139,62/hari
 = Rp 167.476.941,12 /hari

o. Cost bahan = a x e
 = 280,50 m³ x Rp 0,00 /m³
 = Rp 0,00

p. Cost alat = a x f
 = 280,50 m³ x Rp 0,00/m³
 = Rp 0,00

q. *Crash cost* = n + o + p
 = Rp 167.476.941,12 + Rp 0,00 +

Rp 0,00
= Rp 167.476.941,12

$$r. Cost slope = \frac{q - c}{b - i} =$$

$$= \frac{Rp167.476.94,12 - Rp161.770.80,50}{30hari - 29hari}$$

$$= Rp 5.706.139,62/hari$$

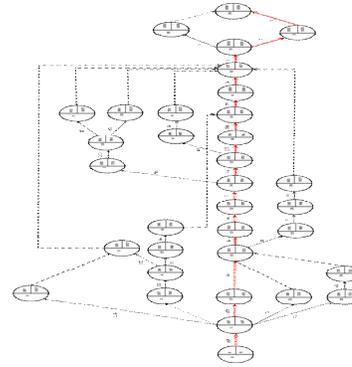
Dengan cara yang sama perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* kegiatan kritis dapat diketahui.

Pekerjaan Durasi Normal dan Durasi Crash adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7. Kegiatan Pekerjaan Durasi Normal dan Durasi Crash

No	Nama Kegiatan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Crash (Hari)	Kegiatan Pendahulu
Umum				
1.	Mobilisasi	173	167	
2.	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	854	854	1
Pekerjaan Tanah				
3.	Galian Biasa	120	120	1
4.	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 - 2 meter	102	102	2
5.	Timbunan Pilihan	150	150	4,3
Perkerasan Berbutir				
6.	Lapis Permukaan Agregat Tanpa Penutup Aspal	30	29	19
7.	Lapis Pondasi Agregat Tanpa Penutup Aspal	30	30	10
Struktur				
8.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350)	42	42	11
9.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350) (Negosiasi)	30	30	8
10.	Beton mutu sedang dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Elevasi)	231	231	11
11.	Beton Mutu Seding dengan f'c = 20 MPa (K-250)(Pondasi)	56	56	16
12.	Beton mutu Rendah dengan f'c = 15 MPa (K-175)	35	34	13
13.	Beton mutu rendah dengan f'c = 10 MPa (K-125)	21	20	23
14.	Baja Tulangan BJ 24 Polos	14	14	27
15.	Baja Tulangan BJ 39 Ulir	60	58	16
16.	Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 MPa), penyediaan dan pemasangan	7	7	12
17.	Pengadaan Struktur Jembatan Rangka Baja Panjang 280 meter, lebar 9 meter	322	306	1
18.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	140	134	15
19.	Pemasangan Jembatan Rangka Baja	196	188	14, 18
20.	Fondasi Cerduk, Pengadaan dan Pemasangan	21	21	15
21.	Pengadaan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	21	21	1
22.	Pengadaan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	21	21	1
23.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	63	60	17, 21, 24
24.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	42	42	22
25.	Tambahan Biaya uk Mata Pembayaran 7.6(7) sd 7.6.1(10) bila tiang ditiadakan air	42	42	23
26.	Pengujian Pembebanan Dinamis pd Tiang Ø 600 mm dan 1000 mm jenis PDA (Pile Driving Analysis)	7	7	25
27.	Pasangan Batu	63	63	4
28.	Bronjong	63	63	10
29.	Papan Nama Jembatan	7	7	30, 33
Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor				
30.	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	7	7	31
31.	Patok Pengarah	7	7	32
32.	Rel Pengaman	14	14	5, 6, 7, 9, 20, 26, 28,
33.	Lampu Penerangan Jembatan (Lampu Surya)	7	7	31

Pada tabel 4.7 dapat dibuat diagram network setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah 1038 hari kalender (148 minggu), dapat dipercepat 44 hari dari perencanaan semula 1.082 hari kalender (155 minggu) , adapun diagram network adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4. Diagram Network (Durasi Percepatan) Pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas.

Dari Tabel 4.6. Perhitungan *Crash duration*, *Crash Cost*, dapat dibuat Tabel 4.7 Cost Normal dan Cost Percepatan

Tabel 4.7. Perhitungan Cost Normal Dan Cost Percepatan

NO	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	DURASI (DAYS)	Harga Satuan	Cost Normal	DURASI (DAYS)	Cost Percepatan
UMUM								
1.	Mobilisasi	Ls	1,00	173	826.194.540,00	826.194.540,00	167	829.477.827,55
2.	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	Ls	1,00	854	71.800.000,00	71.800.000,00	814	71.800.000,00
PEKERJAAN TANAH								
3.	Galian Biasa	m ³	6.394,98	120	18.702,56	119.602.532,93	120	119.602.532,93
4.	Galian Struktur dengan kedalaman 0-2 meter	m ³	313,40	120	28.872,16	9.048.517,62	120	9.048.517,62
5.	Timbunan Pilihan	m ³	10.778,77	150	157.898,97	1.701.957.204,22	150	1.701.957.204,22
PERKERASAN BERBUTIR								
6.	Lapis permukaan Agregat tanpa penutup aspal	m ³	280,50	30	5.76.720,00	161.773.108,39	29	165.480.355,92
7.	Lapis Pondasi Agregat Tanpa penutup aspal	m ³	420,76	30	5.76.240,00	242.458.541,22	30	242.458.541,22
STRUKTUR								
8.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350)	m ³	630,00	42	2.329.917,62	1.467.848.100,60	38	1.467.848.100,60
9.	Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa (K-350) (negosiasi)	m ³	84,81	30	2.318.210,00	196.607.390,10	26	196.607.390,10
10.	Beton mutu sedang dengan f'c = 20 MPa (K-250) (Elevasi)	m ³	2.584,71	231	2.001.756,61	5.173.968.284,42	38	5.173.968.284,42
11.	Beton mutu sedang dengan f'c = 20 MPa (K-250) (Pondasi)	m ³	789,23	56	2.001.756,61	1.579.841.099,02	54	1.579.841.099,02
12.	Beton mutu sedang dengan f'c = 15 MPa (K-175)	m ³	257,61	35	1.331.249,79	342.950.172,14	34	349.486.658,78
13.	Beton mutu rendah dengan f'c = 10 MPa (K-125)	m ³	53,61	21	1.004.564,79	53.859.238,93	20	55.623.338,83
14.	Baja Tulangan BJ 24 Polos	Kg	16.853,64	14	12.741,74	214.744.711,68	14	214.744.711,68
15.	Baja Tulangan BJ 39 Ulir	Kg	579.175,52	60	13.435,56	7.783.288.953,86	58	7.872.427.473,74
16.	Baja Tulangan BJ 34 (Titik Leleh 210 MPa) penyediaan dan pemasangan Pengadaan Struktur Jembatan rangka Baja Panjang 280 Meter lebar 9 meter	Kg	4.084,80	7	25.223,20	103.031.728,42	7	103.031.728,42
17.	Pengangkutan Bahan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.500,90	140	25.915,54	22.818.656.293,99	304	22.867.376.251,14
18.	Pemasangan Jembatan Rangka Baja	Kg	880.500,90	194	2.395,19	2.108.964.950,67	188	2.116.344.155,05
19.	Fondasi Cerduk, Pengadaan dan Pemasangan	m ²	26.768,00	21	5.500,00	147.224.000,00	21	147.224.000,00
20.	Pengadaan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	Kg	94.248,00	21	17.517,77	1.651.014.786,96	21	1.651.014.786,96
21.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	Kg	106.801,20	21	17.517,77	1.870.918.857,32	21	1.870.918.857,32
22.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 600 mm tebal 12 mm	m ²	432,00	63	249.214,90	116.300.836,80	60	117.569.957,76
23.	Pemasangan Tiang Pancang Baja ukuran Diameter 1000 mm tebal 16 mm	m ²	221,00	42	249.214,90	59.496.492,90	42	59.496.492,90
24.	Tambahan Biaya uk Mata Pembayaran 7.6(7) s/d 7.6.1(10) bila Tiang di dalam air	m ²	221,00	42	2.060.848,35	455.447.485,35	42	455.447.485,35
25.	Pengujian Pembebanan Dinamis pd Tiang dia 600 mm dan 1000 mm jenis PDA (Pile Driving Analysis)	Buah	6,00	7	35.000.000,00	210.000.000,00	7	210.000.000,00
26.	Pasangan Batu	m ³	299,10	63	946.994,83	283.249.184,04	63	283.249.184,04
27.	Bronjong	m ³	174,48	63	7.488.637,35	130.620.325,54	63	130.620.325,54
28.	Papan Nama Jembatan	Ls	1,00	7	2.004.240,00	2.004.240,00	7	2.004.240,00
PENGEMBALAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR								
29.	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	Buah	6,00	7	509.165,00	3.054.993,60	7	3.054.993,60
30.	Patok Pengarah	Buah	150,00	7	214.040,07	32.106.910,50	7	32.106.910,50
31.	Rel Pengaman	m	200,00	14	770.448,81	154.089.762,00	14	154.089.762,00
32.	Lampu Penerangan Jembatan (Lampu Surya)	Buah	4,00	7	24.028.630,82	96.114.522,48	7	96.114.522,48
					52.855.963.785,50		53.891.124.955,43	

Analisis Waktu dan Biaya Optimum

Setelah dilakukan Perhitungan *Crash duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope*, kemudian

dilakukan analisis waktu dan biaya optimum setelah percepatan sebagai berikut :

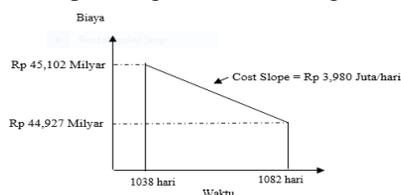
Sebelum Percepatan			Setelah Percepatan		Pembahan	
Total Biaya Proyek Normal	Durasi Normal	Biaya Normal Pada Pekerjaan Kritis	Durasi Percepatan	Biaya Percepatan Pada Pekerjaan Kritis	Selisih Durasi Percepatan	Penambahan Biaya Akibat Durasi Percepatan
a	b	c	d	e	f=b-d	g=e-c
52.855.963.785,50	1082	37.267.063.277,98	1038	37.442.221.988,41	44	175.160.710,43

Tabel 4.8. Tabel Perubahan Waktu dan Biaya Akibat Percepatan

Hasil dari perhitungan diatas dapat diketahui biaya proyek sebagai berikut :

1. Rencana Anggaran biaya proyek dengan waktu 1082 hari sebesar : = Rp. 52.855.963.785,50
2. Biaya percepatan dengan penambahan tenaga kerja sebagai berikut :
Biaya percepatan pada pekerjaan Kritis – Biaya Normal pada pekerjaan kritis = **Rp. 175.160.710,43**
3. Keuntungan Kontraktor sebesar 15 %
= Rp. 52.855.963.785,50 x 15 %
= Rp. 7.928.394.567,83
4. Total biaya setelah dikurangi keuntungan kontraktor sebesar 15 %
= Rp. 52.855.963.785,50 - Rp. 7.928.394.567,83
= Rp. 44.927.569.217,68
5. Keuntungan kontraktor setelah percepatan :
= Rp. 7.928.394.567,83 - Rp. 175.160.710,43
= Rp. **7.753.233.857,26**
6. Biaya proyek dengan penambahan tenaga kerja adalah :
Rencana anggaran proyek + biaya penambahan tenaga kerja
= Rp. 44.927.569.217,68 + Rp. 175.160.710,43
= **Rp. 45.102.729.928,11**

Dengan demikian hubungan antara biaya dan waktu untuk menyelesaikan percepatan pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.5. Hubungan Antara Waktu dan Biaya pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas Setelah Dipercepat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penelitian dan hasil pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas selama 1038 hari kalender (148 minggu), dapat dipercepat 44 hari dari perencanaan semula 1082 hari kalender (155 minggu).
2. Dengan adanya percepatan penyelesaian pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas diperlukan tambahan biaya sebesar Rp175.160.710,43 dengan penambahan biaya (*cost slope*) sebesar Rp3.980.925,24 per hari selama 44 hari, sehingga biaya optimal yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas adalah sebesar Rp 45.102.729.928,11 yang semula direncanakan sebesar Rp 44.927.569.217,68. Sehingga terjadi penambahan biaya akibat percepatan pelaksanaan sebesar = 0,390 % dari biaya yang direncanakan. Dan Keuntungan Kontraktor Pelaksana sebesar **Rp. 7.753.233.857,26** atau **0,172%**.

Saran

Saran dari penelitian yang perlu adalah sebagai berikut:

1. Hasil durasi dan biaya optimum yang diperoleh dari analisis *Crashing* ini dapat dipertimbangkan penerapannya dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dikarenakan hasil optimasi waktu dan biaya menunjukkan durasi pelaksanaan yang lebih singkat akan membutuhkan biaya pelaksanaan lebih besar dibandingkan kondisi durasi dan biaya normal , akan tetapi tidak membuat cost kontraktor rugi. Sehingga hal ini tentu sangat bermanfaat bagi kontraktor dalam mengendalikan efisiensi waktu dan biaya proyek.
2. Penelitian tentang optimasi waktu dan biaya proyek dengan metode *Crashing* ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan alternatif percepatan lain seperti, penambahan tenaga kerja, pemakaian sistem kerja shift, atau penggunaan metode pelaksanaan yang lebih efektif, yang diharapkan dapat memberi hasil yang lebih optimal terkait waktu dan biaya pelaksanaan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali. Tubagus Haedar, 2007, *Prinsip-prinsip Network Planning*, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Badri. Sofyan. 1997, *Dasar-Dasar Network Planning*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Buluatie. Nurhadinata, 2013, *Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Revitalisasi Gedung BPS Kota Gorontalo*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.1, No.1, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Chusairi. Moch.. Mas Suryanto HS, 2015, *Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B Smpn Baru Siwalankerto*, Rekayasa Teknik Sipil Vol 2 Nomer 2/rekat/15 (2015), 09 – 15.
- Dipohusodo. Istimawan. 1996, *Manajemen Proyek Dan Konstruksi Jilid I*, Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Dipohusodo. Istimawan. 1996, *Manajemen Proyek Dan Konstruksi Jilid II*, Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Ervianto. Wulfram I, 2002, *Manajemen Proyek Konstruksi*, ANDI, Yogyakarta.
- Frederika. Ariany, 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14, No.2.
- Gunawan Rudy, 1987, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Kanisius Edisi Revisi.
- Kusrianto. Adi, 2007, *Pengantar Desain Komunikasi Visual*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Leach. L.P., 2000, *Critical Chain Project Management*. Artech House, Boston.
- Lumbanbatu. Jevri Krisanto, Syahrizal, 2013, *Akselerasi Durasi Proyek Pada Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa Yang Berlokasi di Jl.Iskandar Muda Medan*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Pamungkas. Rita Nawangsari & Hidayat. Rizki Taufik, 2011, *Analisis Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Santosa. Budi. 1997. *Manajemen Proyek*, Guna Widya, Jakarta.
- Santosa. Budi, 2003, *Manajemen Proyek*, Guna Widya, Surabaya.
- Soeharto. Iman, 1999, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual sampai Operasional)*, Erlangga Jakarta.
- Soeharto. Imam, 2005. *Manajemen Konstruksi*, Penerbit Bina Ilmu, Jakarta.
- Sudharta. Teguh Arifmawan, 2011, *Optimasi Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Studi Kasus: Hotel Penin Sula Bay Resort)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar.
- Wateno Oetomo , 2014 , *Materi Kuliah Manajemen Proyek Konstruksi*
- Yasin, Makmun dan Akhmad, 2003, *Pengaruh Investasi dan Tenaga Kerja terhadap PDB Sektor Pertanian*, Kajian Ekonomi dan Keuangan, Vol. 7, No. 3 Sept. 2003.
- _____, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Badan Penerbit pekerjaan Umum, Jakarta.