

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek

Berikut merupakan gambaran umum dari proyek yang akan digunakan sebagai objek penelitian pada penulisan tesis.

Nama Proyek : Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kab. Mansel

Lokasi : Manokwari Selatan, Papua Barat

Konsultan Pengawas : PT. Hasta Perkasa Konsultan

Kontraktor Pelaksana : PT. EXPRA

Nilai Kontrak : Rp. 14.539.400.000

Sumber Dana : APBD 1

Tanggal Kontrak : 3 Juli 2018

Waktu Pelaksanaan : 150 hari kalender

Akhir Kontrak : 29 November 2018

4.2 Data Umum Proyek

Untuk dapat menentukan waktu dan biaya yang optimal pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, Provinsi Papua Barat, penelitian ini memerlukan data berupa RAB yang diperoleh dari kontraktor pelaksana, yaitu PT. EXPRA. sehingga data tersebut dapat dianalisis menggunakan metode CPM dan PERT.

Berikut daftar kuantitas dan harga pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel di Provinsi Papua Barat :

Tabel 4.1 Daftar kuantitas dan harga proyek

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1	Mobilisasi	LS	1.00	262,180,000.00	262,180,000.00
2	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	M ³	3,200.00	45,710.43	146,273,376.00
3	Pasangan batu dengan mortar	M ³	636.40	1,541,376.98	980,926,144.56
4	Galian biasa	M ³	98,272.10	45,710.43	4,494,300,551.88
5	Timbunan biasa dari sumber galian	M ³	1,710.00	127,643.98	218,270,778.30
6	Timbunan biasa dari galian	M ³	707.62	73,236.96	51,824,084.11
7	Timbunan pilihan dari sumber galian	M ³	3,363.00	310,899.00	1,045,553,337.00
8	Penyiapan badan jalan	M ³	11,400.00	880.93	10,042,602.00
9	Lapis Pondasi Kelas A	M ³	1,710.00	1,058,053.61	1,809,271,673.10
10	Lapis Pondasi Kelas B	M ³	1,710.00	830,979.55	1,420,975,030.50
11	Lapis Resap Pengikat	Liter	13,300.00	16,455.17	218,853,761.00
12	Lalaston lapis pondasi	Ton	1,186.36	1,896,468.70	2,249,894,606.93
13	Bahan anti pengelupasan	Kg	213.54	98,000.00	20,926,920.00
14	Beton mutu fc' = 20 Mpa	M ³	28.44	3,337,551.57	94,919,966.65
15	Beton mutu fc' = 10 Mpa	M ³	2.21	2,390,328.01	5,282,624,90
16	Baja tulangan U24 Polos	Kg	2,466.00	23,240.21	57,310,357.86
17	Pasangan Batu	M ³	75.00	1,744,913.64	130,868,523.00

Sumber : Data RAB PT. EXPRA

Data pada tabel 4.1 dapat menjadi bahan penelitian dalam melakukan analisis terhadap biaya dan waktu dengan menggunakan metode CPM dan PERT.

4.3 Analisis Data

Tujuan melakukan analisis data pada penulisan tesis ini yaitu untuk mengetahui waktu dan biaya yang optimal pada pekerjaan proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

4.3.1 Merencanakan Waktu Proyek

Dalam menentukan kegiatan kegiatan yang akan dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel perlu memperhatikan faktor - faktor yang biasanya mempengaruhi pelaksanaan proyek. Faktor yang biasanya mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek adalah cuaca atau musim yang diidentifikasi dari hasil survei di lokasi proyek. Selain faktor tersebut faktor yang dimasukkan dalam perhitungan pembuatan perencanaan waktu adalah hari libur nasional. Jika dalam kurun waktu proyek terdapat libur nasional maka hal tersebut tidak dimasukkan kedalam perencanaan waktu proyek.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. EXPRA selaku kontraktor pelaksana pada proyek tersebut, maka berikut merupakan tabel dari kegiatan – kegiatan proyek beserta kurun waktu pelaksanaan yang direncanakan oleh perusahaan tersebut :

Tabel 4.2 Kegiatan proyek dan kurun waktu pelaksanaan

No	Jenis Pekerjaan	Waktu (Hari)
1	Mobilisasi	12
2	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	6
3	Pasangan batu dengan mortar	30
4	Galian biasa	12
5	Timbunan biasa dari sumber galian	10
6	Timbunan biasa dari galian	7
7	Timbunan pilihan dari sumber galian	11
8	Penyiapan badan jalan	3
9	Lapis Pondasi Kelas A	5
10	Lapis Pondasi Kelas B	5
11	Lapis Resap Pengikat	5
12	Lataston lapis pondasi	7
13	Bahan anti pengelupasan	7
14	Beton mutu $f_c' = 20$ Mpa	6
15	Beton mutu $f_c' = 10$ Mpa	6
16	Baja tulangan U24 Polos	4
17	Pasangan Batu	14

Sumber : Data *schedule* PT. EXPRA

Penjelasan dari masing – masing jenis pekerjaan pada tabel 4.2 dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mobilisasi

Pada proyek peningkatan jalan batas Kota Pegaf – batas Kab. Mansel pekerjaan mobilisasi meliputi :

- Mobilisasi peralatan

Mobilisasi dan pemasangan peralatan ke lokasi proyek yang akan digunakan pada pelaksanaan pekerjaan. Penyediaan dan pemeliharaan *base camp* kontraktor, direksi keet dan lain – lain.

- Fasilitas proyek

Penempatan kantor kontraktor sebaiknya direncanakan berdampingan dengan kantor Manajemen Konstruksi (MK) sehingga akan memudahkan dalam koordinasi.

Untuk menjamin kelancaran proyek, jalan kerja akan diatur penempatannya untuk dilalui kendaraan-kendaraan proyek dan bebas dari genangan akibat air hujan.

Penempatan stock material, pabrikasi pembesian, pabrikasi bekisting akan disesuaikan dengan lahan dan jalan kerja yang ada, dimana Gudang sebagai tempat stock material mampu melindungi material dari pengaruh gangguan keamanan maupun cuaca. Konstruksi harus kokoh dengan kapasitas memadai yang menampung arus *supply* material untuk keperluan pelaksanaan.

- Fasilitas direksi teknis

Rencana pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pada proyek ini akan ditangani oleh tenaga – tenaga terampil dari PT. EXPRA yang telah berpengalaman dalam menangani proyek – proyek besar dan dapat menjamin keberhasilan pelaksanaan pekerjaan sesuai yang diharapkan oleh semua pihak.

- Fasilitas laboratorium / pengendalian mutu

Pengendalian mutu sangat diperlukan untuk menjamin diperolehnya hasil kerja yang baik sesuai dengan mutu yang disyaratkan.

Pengendalian mutu ini dilakukan dengan melakukan control terhadap hal – hal dibawah ini :

- Tenaga kerja
- Perawatan peralatan
- Material yang digunakan
- Test – test terhadap material, baik yang dilakukan di lapangan maupun yang dilakukan di laboratorium

Melakukan pemeriksaan secara teratur, baik terhadap bahan – bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan maupun terhadap cara pelaksanaan pekerjaan maupun terhadap bahan – bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan maupun terhadap cara pelaksanaannya. Dalam pelaksanaan akan ditunjuk petugas khusus *quality control* (Proses ISO 9002) dan menggunakan prosedur yang telah dijalankan pada proyek – proyek yang ditangani oleh PT.EXPRA.

- Keselamatan kerja
 - Mengusahakan agar tempat kerja, peralatan dan lingkungan diatur sedemikian rupa agar tenaga kerja terlindung dari resiko kecelakaan.
 - Harus menjamin bahwa semua peralatan mesin – mesin, kendaraan yang akan digunakan sesuai peraturan keselamatan dan kesehatan kerja dan barang – barang harus dapat dipergunakan secara aman.
 - Pengamanan mata (kacamata), kaos tangan, masker harus disediakan untuk kegiatan yang memerlukan alat – alat tersebut.

2. Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Pada pekerjaan ini dibutuhkan alat berat excavator sejenis Caterpillar 305 sebagai alat penunjang untuk dapat melakukan galian untuk selokan drainase dan saluran air, dan juga *dump truck* untuk mengangkut dan membuang tanah galian tersebut. Ukuran drainase saluran air pada proyek tersebut yaitu

3. Pasangan batu dengan mortar

Dibutuhkan cukup banyak pekerja, tukang batu, mandor, operator dan juga supir dalam melaksanakan pekerjaan pasangan batu dengan mortar. Pasangan batu dengan mortar dikerjakan sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dan sesuai dengan *bowplank* yang telah digariskan pada lokasi pekerjaan.

Beberapa peralatan yang dibutuhkan yaitu *concrete mixer*, *water pump*, *water tanker*, dan alat bantu lainnya. Material yang dibutuhkan berupa batu gunung, pasir, semen, dan material lainnya.

4. Galian biasa

Volume pekerjaan galian biasa dalam proyek ini sebesar 98,272.10 M³. Pekerjaan galian biasa adalah pekerjaan galian dengan material hasil galian berupa tanah pada umumnya, yang dapat dilakukan dengan excavator.

Seluruh galian dikerjakan sesuai dengan garis – garis dan bidang – bidang yang ditunjukkan dalam gambar atau sesuai dengan yang ditunjukkan dalam gambar kerja atau sesuai dengan yang diarahkan atau ditunjukkan oleh direksi.

5. Timbunan biasa dari sumber galian

Yang dimaksud dengan pekerjaan timbunan biasa dari sumber galian yaitu melakukan penimbunan pada lokasi tertentu yang telah diarahkan untuk melakukan penimbunan yang material timbunan tersebut bersumber dari hasil galian pada proyek yang diangkut menggunakan *dump truck* yang diratakan dengan bantuan alat berat *bulldozer* dan dipadatkan menggunakan *vibration roller*.

Lokasi yang biasanya dilakukan penimbunan yaitu pada lokasi jalan dengan kondisi elevasi curam, sehingga dibutuhkan penimbunan agar elevasi tersebut memenuhi syarat sebagai jalan yaitu 12% yang mana layak dilalui kendaraan bermotor.

6. Timbunan biasa dari galian

Perbedaan antara pekerjaan timbunan biasa dari galian dan timbunan biasa dari sumber galian yaitu material yang digunakan untuk timbunan bukan dari sumber galian yang berasal dari galian yang telah ditentukan pada pekerjaan galian biasa. Timbunan tersebut diangkut menggunakan *dump truck* kemudian dipadatkan dengan menggunakan *vibration roller*.

7. Timbunan pilihan dari sumber galian

Material timbunan pilihan dari sumber galian merupakan sirtu pada gunung yang digunakan sebagai bahan pelapis timbunan tanah. Material sirtu gunung tersebut diratakan pada permukaan menggunakan alat berat *road grader* sehingga merata pada permukaan dan dipadatkan menggunakan alat berat *vibration roller*.

Volume pekerjaan pada timbunan pilihan dari sumber galian pada proyek tersebut adalah 3,363.00 M³. Setelah pada tahap ini selesai, maka tahap selanjutnya yaitu memberi lapisan pondasi pada badan jalan yang akan diaspal.

8. Penyiapan badan jalan

Badan jalan yang telah terbentuk sebelumnya, diperiksa kembali menurut gambar rencana dan elevasi yang telah ditentukan, dibersihkan jika terdapat genangan air dan dipastikan bebas dari material seperti batu dan lainnya yang dapat menghambat dan merusak kualitas perkerasan. Diperlukan beberapa alat berat jika diperlukan apabila kondisi jalan telah berubah akibat kendaraan yang melintasi dan akibat cuaca.

9. Lapisan pondasi kelas A

Lapisan pondasi kelas A merupakan lapisan pondasi yang berada diatas lapisan pondasi kelas B. Ukuran batu pecah yang digunakan pada lapisan pondasi kelas A yaitu 1 cm – 3 cm, material tersebut dihamparkan dan dipadatkan dengan menggunakan alat berat *road grader* dan juga *vibro roller*.

Tebal yang diperlukan pada pekerjaan ini yaitu 15 cm dan dilakukan pemeriksaan kembali setelah pemadatan dengan menggunakan alat

10. Lapisan pondasi kelas B

Lapisan pondasi kelas B merupakan lapisan pondasi yang berada dibawah lapisan pondasi kelas A. Ukuran batu pecah yang digunakan pada lapisan pondasi

kelas A yaitu 3 cm – 5 cm, material tersebut dihamparkan dan dipadatkan dengan menggunakan alat berat *road grader* dan juga *vibro roller*.

Tebal yang diperlukan pada pekerjaan ini yaitu 15 cm dan dilakukan pemeriksaan kembali setelah pemadatan dengan menggunakan alat , dan setelah dilakukan pemeriksaan terhadap material kelas B, selanjutnya siap untuk dilakukan pekerjaan lapisan pondasi kelas A.

11. Lapis resap pengikat

Lapis resap pengikat atau yang disebut juga dengan *prime coat* merupakan lapisan ikat aspal cair yang diletakkan diatas lapis pondasi kelas A. Lapis resap pengikat biasanya dibuat dari aspal dengan penetrasi 60/70 yang dicairkan dengan tanah. Volume yang digunakan berkisar antara 0,4 hingga 1,3 liter/m² untuk lapis pondasi kelas A.

Setelah pengeringan selama 4 hingga 6 jam, bahan pengikat harus telah meresap kedalam lapis pondasi. Lapis resap pengikat yang berlebih dapat mengakibatkan pelelehan (*bleeding*) dan dapat menyebabkan timbulnya bidang geser. Oleh karena itu, untuk daerah yang berlebih ditabur dengan pasir halus dan dibiarkan agar pasir tersebut diselimuti aspal.

Fungsi dari lapis resap pengikat antara lain :

- Memberikan daya ikat antara lapis pondasi agregat dengan campuran aspal.
- Mencegah lepasnya butiran lapis pondasi agregat (segregasi) jika dilewati kendaraan sebelum dilapis dengan campuran aspal.
- Menjaga lapis pondasi agregat dari pengaruh cuaca, khususnya hujan.

Pada pekerjaan lapis resap pengikat (*prime coat*) menggunakan peralatan yaitu *asphalt sprayer*.

12. Lataston lapis pondasi

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (Bina Marga revisi 2010), lapis tipis aspal beton (Lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, filter dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan secara panas (dalam suhu tertentu, minimum 124°C).

Pada proyek peningkatan batas Kota Pegaf – batas Kab. Mansel direncanakan dengan tebal lapisan aspal yaitu 5 cm, dengan lebar 6 m dan Panjang jalan 2,306 km. Alat berat yang digunakan yaitu *compressor, finisher, Tyre roller, dan tandem roller*.

13. Bahan anti pengelupasan

Indonesia yang beriklim tropis seringkali mengalami kerusakan jalan, secara fakta hal ini disebabkan diantara oleh temperatur udara yang cukup tinggi dan terjadinya kelebihan beban lalu lintas (*overloading*), lebih dari 40% disebabkan oleh air.

Selain dengan memperhatikan material yang digunakan dalam perkerasan, dapat digunakan bahan aditif anti pengelupasan (*anti stripping agent*). Bahan tersebut dapat membantu meningkatkan ikatan antara agregat dan aspal. Beberapa manfaat dari *addictive anti stripping agent* antara lain adalah :

1. Meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat, mengatasi masalah – masalah yang terjadi dengan adhesi campuran yang lemah sehingga dapat memperpanjang waktu pelapisan ulang.
2. Menghemat lebih dari 50% biaya *maintenance*.
3. Meminimalkan kerusakan oleh air.
4. Mengurangi kebutuhan agregat halus dalam campuran dan memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.
5. Mudah dicampur.
6. Pelapisan agregat yang lebih baik.
7. Melekat pada agregat kering maupun basah.
8. Memperpanjang umur pakai hotmix.
9. Tambahan biayanya sangat minimal.

Tata cara melakukan pekerjaan ini yaitu dengan cara mencampurkan bahan *addictive anti stripping agent* pada saat memproduksi aspal di alat pencampur aspal yang biasa disebut *Asphalt Mixing Plant (AMP)*.

14. Beton $f_c' = 20$ Mpa

Keperluan beton $f_c' = 20$ Mpa pada proyek ini yaitu untuk keperluan pekerjaan *box culvert* yang digunakan pada konstruksi saluran air, sehingga kerap disebut juga dengan gorong – gorong. *Box culvert* pada proyek ini dilakukan pengecoran ditempat atau yang biasa disebut dengan *cast in situ*.

Dibutuhkan beberapa tukang dan mandor untuk menyelesaikan pekerjaan *box culvert*. Material tentunya sangat diperhatikan dalam pekerjaan *box culvert* agar kualitas dari *box culvert* dapat terjamin.

15. Beton $f_c' = 15$ Mpa

Pengecoran beton $f_c' = 15$ Mpa juga diperuntukkan dalam pekerjaan *box culvert*, bangunan tersebut sangat dibutuhkan untuk menjaga agar aliran air pada jalan tidak menyumbat dan menghindari terjadinya banjir yang dapat merusak kualitas dari aspal.

16. Baja tulangan U24 polos

Pada proses pekerjaan pembesian baja tulangan U24 polos, dibutuhkan beberapa tukang besi untuk melakukan pekerjaan pembesian pada pekerjaan *box culvert*.

Sebelum melakukan perakitan pembesian, diharuskan diperiksa ukuran besi tersebut dan dipastikan bebas dari karat agar dapat menjaga kualitas dari *box culvert* tersebut. Pemasangan besi dilakukan sesuai dengan gambar rencana *box culvert*.

17. Pasangan batu

Pasangan batu merupakan bangunan yang diperuntukkan pada saluran air yang berfungsi untuk mengalirkan air agar tidak tergenang pada jalan. Pekerjaan pasangan batu dikerjakan sesuai dengan dimensi dan volume yang telah ditentukan.

4.3.2 Penyusunan *Network Planning*

Untuk dapat menyusun sebuah rencana kerja / *network planning* dibutuhkan beberapa langkah, yakni dengan cara mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan dan membentuk hubungan setiap kegiatan proyek.

Dalam pembuatan *network planning*, ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi dari hubungan antar kegiatan yang disusun menjadi mata rantai urutan kegiatan yang sesuai dengan logika ketergantungan yaitu :

1. Suatu kegiatan dapat dikerjakan secara bersamaan dengan kegiatan lainnya.
2. Suatu kegiatan hanya dapat dikerjakan apabila kegiatan sebelumnya sudah selesai dikerjakan.
3. Suatu kegiatan dapat dikerjakan secara tersendiri tanpa harus menunggu kegiatan sebelumnya (*dummy*).

Dengan rencana pelaksanaan yang tepat dalam menyusun hubungan setiap kegiatan proyek, diharapkan dapat menjadi acuan pada metode CPM untuk menganalisis waktu penyelesaian pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat.

Urutan kegiatan pelaksanaan proyek sangat menentukan dalam menghubungkan kegiatan – kegiatan yang saling berkaitan dalam proyek tersebut.

Berikut merupakan urutan kegiatan – kegiatan pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat

Tabel 4.3 Urutan pelaksanaan proyek

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu (Hari)
1	Mobilisasi	A	12
2	Galian biasa	B	12
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10
5	Timbunan biasa dari galian	E	7
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11
7	Lapis pondasi kelas B	G	5
8	Lapis pondasi kelas A	H	5
9	Penyiapan badan jalan	I	3
10	Lapis resap pengikat	J	5
11	Lataston lapis pondasi	K	7
12	Bahan anti pengelupasan	L	7
13	Baja tulangan U24 polos	M	4
14	Beton $f_c' = 20$ Mpa	N	6
15	Beton $f_c' = 10$ Mpa	O	6
16	Pasangan batu	P	14
17	Pasangan batu dengan mortar	Q	30

Sumber : Hasil penelitian

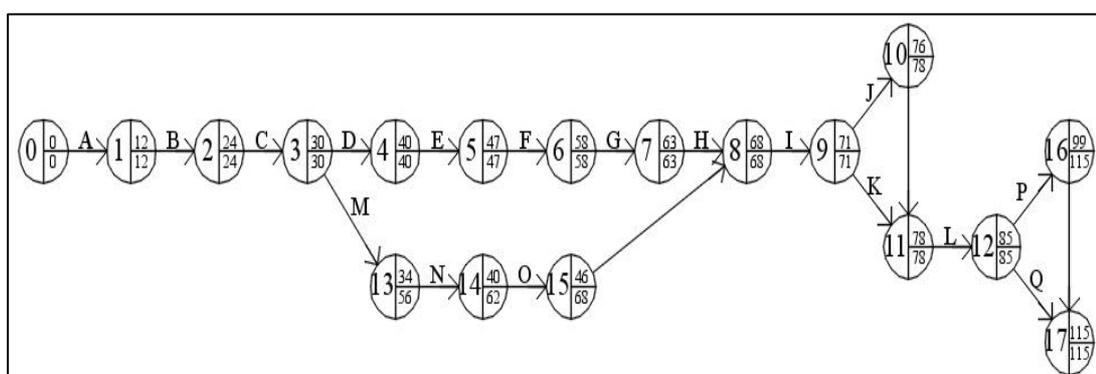
Setelah menyusun jenis kegiatan dalam proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat. Langkah selanjutnya yaitu membuat hubungan antara setiap pekerjaan yang saling berhubungan, agar dapat membentuk jaringan kerja proyek.

Tabel 4.4 Urutan Pelaksanaan Pekerjaan Beserta Pekerjaan Sebelumnya

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Hari)
1	Mobilisasi	A	-	12
2	Galian biasa	B	A	12
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	B	6
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	C	10
5	Timbunan biasa dari galian	E	D	7
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	E	11
7	Lapis pondasi kelas B	G	F	5
8	Lapis pondasi kelas A	H	G	5
9	Penyiapan badan jalan	I	H	3
10	Lapis resap pengikat	J	I	5
11	Bahan anti pengelupasan	K	I	7
12	Lataston lapis pondasi	L	K	7
13	Baja tulangan U24 polos	M	C	4
14	Beton $f_c' = 20$ Mpa	N	M	6
15	Beton $f_c' = 10$ Mpa	O	N	6
16	Pasangan batu	P	L	14
17	Pasangan batu dengan mortar	Q	L	30

Sumber : Hasil penelitian

Berdasarkan hubungan setiap kegiatan pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat yang tertera pada tabel 4.4, maka dapat dibuat jaringan kerja pada gambar berikut :

**Gambar 4.1 Jaringan Kerja / Network Planning setelah Perencanaan**

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil rancangan *network* pada gambar 4.1, maka dapat dituliskan untuk perhitungan maju waktu penyelesaian proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel, di Provinsi Papua Barat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan Maju

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu (Hari)	Perhitungan maju	
				ES	EF
1	Mobilisasi	A	12	0	12
2	Galian biasa	B	12	12	24
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6	24	30
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10	30	40
5	Timbunan biasa dari galian	E	7	40	47
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11	47	58
7	Lapis pondasi kelas B	G	5	58	63
8	Lapis pondasi kelas A	H	5	63	68
9	Penyiapan badan jalan	I	3	68	71
10	Lapis resap pengikat	J	5	71	76
11	Bahan anti pengelupasan	K	7	71	78
12	Lataston lapis pondasi	L	7	78	85
13	Baja tulangan U24 polos	M	4	30	34
14	Beton $f_c' = 20$ Mpa	N	6	34	40
15	Beton $f_c' = 10$ Mpa	O	6	40	46
16	Pasangan batu	P	14	85	99
17	Pasangan batu dengan mortar	Q	30	85	115

Sumber : Hasil penelitian

Sedangkan untuk perencanaan hutungan mundur dapat disusun waktu penyelesaian pengerjaan proyek sebagai berikut:

Tabel 4.6 Perhitungan Mundur

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu (Hari)	Perhitungan mundur	
				LS	LF
1	Mobilisasi	A	12	0	12
2	Galian biasa	B	12	12	24
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6	24	30
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10	30	40
5	Timbunan biasa dari galian	E	7	40	47
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11	47	58
7	Lapis pondasi kelas B	G	5	58	63
8	Lapis pondasi kelas A	H	5	63	68
9	Penyiapan badan jalan	I	3	68	71
10	Lapis resap pengikat	J	5	71	78
11	Bahan anti pengelupasan	K	7	71	78
12	Lataston lapis pondasi	L	7	78	85
13	Baja tulangan U24 polos	M	4	30	56
14	Beton $f_c' = 20$ Mpa	N	6	56	62
15	Beton $f_c' = 10$ Mpa	O	6	62	68
16	Pasangan batu	P	14	85	115
17	Pasangan batu dengan mortar	Q	30	85	115

Sumber : Hasil penelitian

Setelah mengetahui hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur dengan menggunakan metode CPM, langkah berikutnya yaitu mengidentifikasi jalur kritis, total float dan kurun waktu penyelesaian proyek.

4.3.3 Mengidentifikasi Jalur Kritis, Total Float, dan Penyelesaian Proyek

Yang dimaksud dengan jalur kritis pada langkah ini adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kegiatan yang berada

dalam jalur ini disebut kegiatan kritis. Sedangkan float adalah tenggang waktu suatu kegiatan tertentu yang non kritis dari proyek.

Tabel 4.7 Perhitungan Total Float

No	Kegiatan	Waktu	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	
1	A	12	0	12	0	12	0
2	B	12	12	24	12	24	0
3	C	6	24	30	24	30	0
4	D	10	30	40	30	40	0
5	E	7	40	47	40	47	0
6	F	11	47	58	47	58	0
7	G	5	58	63	58	63	0
8	H	5	63	68	63	68	0
9	I	3	68	71	68	71	0
10	J	5	71	76	71	78	2
11	K	7	71	78	71	78	0
12	L	7	78	85	78	85	0
13	M	4	30	34	30	56	22
14	N	6	34	40	56	62	22
15	O	6	40	46	62	68	22
16	P	14	85	99	85	115	16
17	Q	30	85	115	85	115	0

Sumber : Hasil penelitian

Selain Total Float, dikenal juga Free Float atau Float Bebas. FF terjadi bila semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mulai seawal mungkin.

Tabel 4.8 Perhitungan Free Float

No	Kegiatan	Waktu	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float	Free Float
			ES	EF	LS	LF		
1	A	12	0	12	0	12	0	0
2	B	12	12	24	12	24	0	0
3	C	6	24	30	24	30	0	0
4	D	10	30	40	30	40	0	0
5	E	7	40	47	40	47	0	0
6	F	11	47	58	47	58	0	0
7	G	5	58	63	58	63	0	0
8	H	5	63	68	63	68	0	0
9	I	3	68	71	68	71	0	0
10	J	5	71	76	71	78	2	0
11	K	7	71	78	71	78	0	0
12	L	7	78	85	78	85	0	0
13	M	4	30	34	30	56	22	0
14	N	6	34	40	56	62	22	0
15	O	6	40	46	62	68	22	0
16	P	14	85	99	85	115	16	0
17	Q	30	85	115	85	115	0	0

Sumber : Hasil penelitian

Setelah membentuk jaringan kerja berdasarkan *critical path method* (CPM), telah diperoleh hasil perhitungan yang tertera pada tabel 4. Dan dapat disimpulkan bahwa :

- a. Jalur yang memiliki *total float* = 0 adalah A – B – C – D – E – F – G – H – I – K – L – Q sehingga kegiatan – kegiatan yang melalui jalur tersebut dapat dikategorikan kritis.
- b. Waktu pelaksanaan proyek hingga selesai menurut *critical path method* (CPM) adalah selama 115 hari.

4.3.4 Mempersingkat Kurun Waktu Pelaksanaan Proyek

Untuk mempercepat kurun waktu atau biasa disebut *crash program* digunakan asumsi sebagai berikut :

- a. Jumlah sumberdaya yang tersedia tidak merupakan kendala.
- b. Bila diinginkan waktu penyelesaian kegiatan lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka sumberdaya akan bertambah baik berupa tenaga kerja, material peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan dalam jumlah yang sama. Sehingga yang menjadi tujuan utama dari program mempersingkat/ mempercepat waktu (*crashing program*) adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal.

Crashing program / Percepatan waktu penyelesaian kegiatan untuk mendapatkan jadwal yang ekonomis didasarkan pada biaya langsung, yang dalam hal ini adalah tenaga kerja langsung. Dengan mempersingkat waktu ini terlihat adanya kenaikan tarif tenaga kerja langsung akibat bertambahnya waktu kerja yang berupa waktu lembur. Waktu kerja normal adalah dari pukul 07.00 – 12.00 dan dilanjutkan kembali dari pukul 13.00 – 16.00. Waktu istirahat tidak diperhitungkan, sehingga waktu kerja normal adalah 8 jam.

Dalam hal ini standar tarif upah untuk lembur adalah :

- a. Jika waktu kerja lembur kurang dari 6 jam, maka tarif yang dikenakan adalah jam lembur dikali upah standar per jam.
- b. Jika waktu lembur samadengan 6 jam, maka tarif jam lembur yang dikenakan adalah 2 kali upah standar per hari.

Jenis kegiatan yang dipercepat dalam proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kab. Mansel ini adalah pekerjaan galian untuk selokan drainase dan saluran air yang berada di jalur kritis dan juga pekerjaan penyiapan badan jalan.

4.3.5 Perhitungan Biaya Proyek

Menganalisis biaya proyek dengan melakukan percepatan kurun waktu pada beberapa kegiatan proyek dengan melakukan penambahan jam kerja pada kegiatan tersebut / lembur. Yang mana kegiatan tersebut merupakan kegiatan yang berada di jalur kritis, sehingga diperlukan percepatan untuk mengantisipasi keterlambatan dalam menyelesaikan proyek tersebut.

Besarnya upah yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan penambahan jam kerja / lembur, dapat dilihat pada tabel berikut :

4.9 Harga Dasar Satuan Upah

No	Uraian	Satuan	Harga Satuan	Upah Perhari
1	Pekerja	Jam	15.714.29	110.000.00
2	Tukang	Jam	20.000.00	140.000.00
3	Mandor	Jam	22.857.14	160.000.00
4	Operator	Jam	20.000.00	140.000.00
5	Pembantu Operator	Jam	14.285.71	100.000.00
6	Sopir / Driver	Jam	20.000.00	140.000.00
7	Pembantu Sopir / Driver	Jam	15.714.29	110.000.00
8	Mekanik	Jam	20.000.00	140.000.00
9	Pembantu Mekanik	Jam	15.714.29	110.000.00
10	Kepala Tukang	Jam	21.428.57	150.000.00

Sumber : Data Perusahaan PT. EXPRA

Berikut hasil dari perhitungan biaya pada proyek Peningkatan Jalan Batas

Kota Pegaf – Batas Kab. Mansel di Provinsi Papua Barat :

A. Pekerjaan Mobilisasi

$$\text{Bobot kerja} = 262,180,000.00 / 14,539,400,000.00 = 0.018$$

$$\text{Waktu normal} = 12 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 12 - 3 = 9 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.018 / 12 = 0.0015$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.018 / 9 = 0.002$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.002 - 0.0015) / 0.0015) \times 8 = 2,67 \text{ jam}$$

Upah lembur :

$$\text{Operator Excavator} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 53,400.00$$

$$\text{Pembantu operator} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 14,285.71 = \text{Rp. } 38,142.84$$

$$\text{Sopir} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 53,400.00$$

$$\text{Pembantu sopir} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 41,957.15$$

$$\text{Mekanik} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 53,400.00$$

$$\text{Pembantu mekanik} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 41,957.15$$

$$\text{Mandor} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 22,857.14 = \text{Rp. } 61,028.56$$

$$\text{Kepala tukang} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 21,428.57 = \text{Rp. } 57,421.28$$

$$\text{Tukang} = 2 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 106,800.00$$

$$\text{Pekerja} = 4 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 167,828.61$$

$$\text{Total biaya lembur} = \text{Rp. } 675,335.59$$

B. Pekerjaan galian biasa

$$\text{Bobot kerja} = 4,494,300,551.88 / 14,539,400,000.00 = 0.309$$

Waktu normal = 12 hari

Waktu dipercepat = 2 hari

Waktu setelah dipercepat = $12 - 2 = 10$ hari

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.309 / 12 = 0.025$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.309 / 10 = 0.031$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.031 - 0.025) / 0.025) \times 8 = 1.92 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

$$\text{Operator Excavator} = 3 \times 2 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 120,000.00$$

$$\text{Pembantu operator} = 3 \times 2 \times \text{Rp } 14,285.71 = \text{Rp. } 85,714.26$$

$$\text{Sopir} = 6 \times 2 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 240,000.00$$

$$\text{Pembantu sopir} = 6 \times 2 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 188,571.48$$

$$\text{Mekanik} = 1 \times 2 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 40,000.00$$

$$\text{Pembantu mekanik} = 1 \times 2 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 31,428.58$$

$$\text{Total biaya lembur} = \text{Rp. } 705,714.32$$

C. Pekerjaan galian untuk selokan drainase dan saluran air

$$\text{Bobot kerja} = 146,273,376.00 / 14,539,400,000.00 = 0.010$$

Waktu normal = 6 hari

Waktu dipercepat = 2 hari

Waktu setelah dipercepat = $6 - 2 = 4$ hari

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.010 / 6 = 0.00167$$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.010 / 4 = 0.0025$

Tambahan waktu lembur = $((0.0025 - 0.00167) / 0.00167) \times 8 = 3.97 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$.

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu operator	= 1 x 4 x Rp	14,285.71	= Rp. 57,142.84
Sopir	= 3 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 240,000.00
Pembantu sopir	= 3 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 188,571.48
Mekanik	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 62,857.16
Total biaya lembur			= Rp. 708,571.48

D. Pekerjaan timbunan biasa dari sumber galian

Bobot kerja = $218,270,778.30 / 14,539,400,000.00 = 0.015$

Waktu normal = 10 hari

Waktu dipercepat = 2 hari

Waktu setelah dipercepat = $10 - 2 = 8$ hari

Volume pekerjaan normal / hari = $0.015 / 10 = 0.0015$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.015 / 8 = 0.0018$

Tambahan waktu lembur = $((0.0018 - 0.0015) / 0.0015) \times 8 = 1,6 \text{ jam}$

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 1,6 x Rp	20,000.00	= Rp. 32,000.00
Pembantu operator	= 1 x 1,6 x Rp	14,285.71	= Rp. 230,857,13
Sopir	= 2 x 1,6 x Rp	20,000.00	= Rp. 64,000.00

Pembantu sopir	= 2 x 1,6 x Rp	15,714.29	= Rp. 50,285,73
Mekanik	= 1 x 1,6 x Rp	20,000.00	= Rp. 32,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 1,6 x Rp	15,714.29	= Rp. 25,142.86
Total biaya lembur			= Rp. 434,285.72

E. Pekerjaan timbunan biasa dari galian

Bobot kerja = $51,824,084.11 / 14,539,400,000.00 = 0.003$

Waktu normal = 7 hari

Waktu dipercepat = 2 hari

Waktu setelah dipercepat = $7 - 2 = 5$ hari

Volume pekerjaan normal / hari = $0.003 / 7 = 0.0004$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.003 / 5 = 0.0006$

Tambahan waktu lembur = $((0.0006 - 0.0004) / 0.0004) \times 8 = 4$ jam

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu operator	= 1 x 4 x Rp	14,285.71	= Rp. 57,142.84
Sopir	= 2 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 160,000.00
Pembantu sopir	= 2 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 125,714,32
Mekanik	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 62,857.16
Total biaya lembur			= Rp. 565,714.32

F. Pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian

$$\text{Bobot kerja} = 1,045,553,337.00 / 14,539,400,000.00 = 0.07$$

Waktu normal = 11 hari

Waktu dipercepat = 3 hari

Waktu setelah dipercepat = $11 - 3 = 8$ hari

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.07 / 11 = 0.006$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.07 / 8 = 0.009$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.009 - 0.006) / 0.006) \times 8 = 4 \text{ jam}$$

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu operator	= 1 x 4 x Rp	14,285.71	= Rp. 57,142.84
Sopir	= 3 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 240,000.00
Pembantu sopir	= 3 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 188,571.48
Mekanik	= 1 x 4 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 4 x Rp	15,714.29	= Rp. 62,857.16
Total biaya lembur			= Rp. 708,571.48

G. Pekerjaan lapis pondasi kelas B

$$\text{Bobot kerja} = 1,420,975,030.50 / 14,539,400,000.00 = 0.10$$

Waktu normal = 5 hari

Waktu dipercepat = 1 hari

Waktu setelah dipercepat = $5 - 1 = 4$ hari

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.10 / 5 = 0.02$$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.10 / 4 = 0.025$

Tambahan waktu lembur = $((0.025 - 0.02) / 0.02) \times 8 = 2$ jam

Upah lembur :

Operator Excavator	= 2 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu operator	= 2 x 2 x Rp	14,285.71	= Rp. 57,142.84
Sopir	= 5 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 200,000.00
Pembantu sopir	= 5 x 2 x Rp	15,714.29	= Rp. 257,142.9
Mekanik	= 1 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 40,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 2 x Rp	15,714.29	= Rp. 51,428.58
Total biaya lembur			= Rp. 685,714.32

H. Pekerjaan lapis pondasi kelas A

Bobot kerja = $1,809,271,673.10 / 14,539,400,000.00 = 0.12$

Waktu normal = 5 hari

Waktu dipercepat = 1 hari

Waktu setelah dipercepat = $5 - 1 = 4$ hari

Volume pekerjaan normal / hari = $0.12 / 5 = 0.024$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.12 / 4 = 0.03$

Tambahan waktu lembur = $((0.03 - 0.024) / 0.024) \times 8 = 2$ jam

Upah lembur :

Operator Excavator	= 2 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu operator	= 2 x 2 x Rp	14,285.71	= Rp. 57,142.84
Sopir	= 5 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 200,000.00

Pembantu sopir	= 5 x 2 x Rp	15,714.29	= Rp. 257,142,9
Mekanik	= 1 x 2 x Rp	20,000.00	= Rp. 40,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 2 x Rp	15,714.29	= Rp. 51,428.58
Total biaya lembur			= Rp. 685,714.32

I. Pekerjaan penyiapan badan jalan

Bobot kerja = $10,042,602.00 / 14,539,400,000.00 = 0.0007$

Waktu normal = 3 hari

Waktu dipercepat = 1 hari

Waktu setelah dipercepat = $3 - 1 = 2$ hari

Volume pekerjaan normal / hari = $0.0007 / 3 = 0.00023$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.0007 / 2 = 0.00035$

Tambahan waktu lembur = $((0.00035 - 0.00023) / 0.00023) \times 8 = 4.17$ jam.

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 4,17 x Rp	20,000.00	= Rp. 83,400.00
Pembantu operator	= 1 x 4,17 x Rp	14,285.71	= Rp. 59,571.41
Sopir	= 1 x 4,17 x Rp	20,000.00	= Rp. 83,400.00
Pembantu sopir	= 1 x 4,17 x Rp	15,714.29	= Rp. 65,528.59
Mekanik	= 1 x 4,17 x Rp	20,000.00	= Rp. 83,400.00
Pembantu mekanik	= 1 x 4,17 x Rp	15,714.29	= Rp. 65,528.59
Total biaya lembur			= Rp. 440.828.59

J. Pekerjaan lapis resap pengikat

$$\text{Bobot kerja} = 218,853,761.00 / 14,539,400,000.00 = 0.015$$

$$\text{Waktu normal} = 5 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 5 - 1 = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.015 / 5 = 0.003$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.015 / 4 = 0.004$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.004 - 0.003) / 0.003) \times 8 = 2,67 \text{ jam}$$

Upah lembur :

$$\text{Sopir} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 53,400.00$$

$$\text{Pembantu sopir} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 41,957.15$$

$$\text{Mekanik} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 53,400.00$$

$$\text{Pembantu mekanik} = 1 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 41,957.15$$

$$\text{Pekerja} = 2 \times 2,67 \times \text{Rp } 15,714.29 = \text{Rp. } 83,914.30$$

$$\text{Total biaya lembur} = \text{Rp. } 274,628.6$$

K. Pekerjaan bahan anti pengelupasan

$$\text{Bobot kerja} = 20,926,920.00 / 14,539,400,000.00 = 0.001$$

$$\text{Waktu normal} = 7 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 7 - 2 = 5 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.001 / 7 = 0.0001$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.001 / 5 = 0.0002$$

Tambahan waktu lembur = $((0.0002 - 0.0001) / 0.0001) \times 8 = 8 \text{ jam}$

Upah lembur :

Operator Excavator	= 1 x 8 x Rp 20,000.00	= Rp. 160,000.00
Pembantu operator	= 1 x 8 x Rp 14,285.71	= Rp. 114,285.68
Sopir	= 1 x 8 x Rp 20,000.00	= Rp. 160,000.00
Pembantu sopir	= 1 x 8 x Rp 15,714.29	= Rp. 125,714.32
Mekanik	= 1 x 8 x Rp 20,000.00	= Rp. 160,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 8 x Rp 15,714.29	= Rp. 125,714.32
Pekerja	= 2 x 8 x Rp 15.714.29	= Rp. 251,428.64
Total biaya lembur		= Rp. 1,097,142.96

L. Pekerjaan lataston lapis pondasi

Bobot kerja = $2,249,894,606.93 / 14,539,400,000.00 = 0.15$

Waktu normal = 7 hari

Waktu dipercepat = 2 hari

Waktu setelah dipercepat = $7 - 2 = 5 \text{ hari}$

Volume pekerjaan normal / hari = $0.15 / 7 = 0.02$

Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari = $0.15 / 5 = 0.03$

Tambahan waktu lembur = $((0.03 - 0.02) / 0.02) \times 8 = 4 \text{ jam}$

Upah lembur :

Operator Excavator	= 3 x 4 x Rp 20,000.00	= Rp. 240,000.00
Pembantu operator	= 3 x 4 x Rp 14,285.71	= Rp. 171,428.52
Sopir	= 5 x 4 x Rp 20,000.00	= Rp. 400,000.00

Pembantu sopir	= 5 x 4 x Rp 15,714.29	= Rp. 314,285.8
Mekanik	= 1 x 4 x Rp 20,000.00	= Rp. 80,000.00
Pembantu mekanik	= 1 x 4 x Rp 15,714.29	= Rp. 62,857.16
Pekerja	= 7 x 4 x Rp 15.714.29	= Rp. 440,000.12
Total biaya lembur		= Rp. 1,312,571.6

M. Pekerjaan baja tulangan U24 polos

$$\text{Bobot kerja} = 57,310,357.86 / 14,539,400,000.00 = 0.004$$

$$\text{Waktu normal} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 4 - 1 = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.004 / 4 = 0.001$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.004 / 3 = 0.0013$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.0013 - 0.001) / 0.001) \times 8 = 2,4 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

Mandor	= 1 x 2,4 x Rp 22.857.14	= Rp. 54,857.13
Kepala tukang	= 1 x 2,4 x Rp 21.428.57	= Rp. 51,428.57
Tukang	= 2 x 2,4 x Rp 20,000.00	= Rp. 96,000.00
Pekerja	= 3 x 2,4 x Rp 15.714.29	= Rp. 113,142.88
Total biaya lembur		= Rp. 315,428.58

N. Pekerjaan beton $f_c' = 20 \text{ Mpa}$

$$\text{Bobot kerja} = 94,919,966.65 / 14,539,400,000.00 = 0.006$$

$$\text{Waktu normal} = 6 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 6 - 1 = 5 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.006 / 6 = 0.001$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.006 / 5 = 0.0012$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.0012 - 0.001) / 0.001) \times 8 = 1,6 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

$$\text{Mandor} = 1 \times 1,6 \times \text{Rp } 22.857.14 = \text{Rp. } 36,571.42$$

$$\text{Kepala tukang} = 1 \times 1,6 \times \text{Rp } 21.428.57 = \text{Rp. } 34,285.71$$

$$\text{Tukang} = 3 \times 1,6 \times \text{Rp } 20,000.00 = \text{Rp. } 96,000.00$$

$$\text{Pekerja} = 4 \times 1,6 \times \text{Rp } 15.714.29 = \text{Rp. } 100,571.45$$

$$\text{Total biaya lembur} = \text{Rp. } 267,428.58$$

O. Pekerjaan beton $f_c' = 10 \text{ Mpa}$

$$\text{Bobot kerja} = 5,282,624.90 / 14,539,400,000.00 = 0.0003$$

$$\text{Waktu normal} = 6 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 6 - 3 = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.0003 / 6 = 0.00005$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.0003 / 3 = 0.0001$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.0001 - 0.00005) / 0.00005) \times 8 = 8 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

Mandor	= 1 x 8 x Rp 22.857.14	= Rp. 182,857.12
Kepala tukang	= 1 x 8 x Rp 21.428.57	= Rp. 171,428.56
Tukang	= 2 x 8 x Rp 20,000.00	= Rp. 320,000.00
Pekerja	= 3 x 8 x Rp 15.714.29	= Rp. 377,142.96
Total biaya lembur		= Rp. 1,051,428.64

P. Pekerjaan pasangan batu

$$\text{Bobot kerja} = 130,868,523.00 / 14,539,400,000.00 = 0.009$$

Waktu normal = 14 hari

Waktu dipercepat = 4 hari

Waktu setelah dipercepat = $14 - 4 = 10$ hari

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.009 / 14 = 0.0006$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.009 / 10 = 0.0009$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.0009 - 0.0006) / 0.0006) \times 8 = 4 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

Mandor	= 1 x 4 x Rp 22.857.14	= Rp. 91,428.56
Kepala tukang	= 2 x 4 x Rp 21.428.57	= Rp. 171,428.56
Tukang	= 4 x 4 x Rp 20,000.00	= Rp. 320,000.00
Pekerja	= 8 x 4 x Rp 15.714.29	= Rp. 502,857.28
Total biaya lembur		= Rp. 1.085,714.4

Q. Pekerjaan pasangan batu dengan mortar

$$\text{Bobot kerja} = 1,541,376.98 / 14,539,400,000.00 = 0.106$$

$$\text{Waktu normal} = 30 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu dipercepat} = 5 \text{ hari}$$

$$\text{Waktu setelah dipercepat} = 30 - 5 = 25 \text{ hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan normal / hari} = 0.106 / 30 = 0.0035$$

$$\text{Volume pekerjaan setelah dipercepat / hari} = 0.106 / 25 = 0.0042$$

$$\text{Tambahan waktu lembur} = ((0.0042 - 0.0035) / 0.0035) \times 8 = 1,6 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam.}$$

Upah lembur :

Mandor	= 1 x 2 x Rp 22.857.14	= Rp. 45,714.28
Kepala tukang	= 3 x 2 x Rp 21.428.57	= Rp. 128,571.42
Tukang	= 6 x 2 x Rp 20,000.00	= Rp. 240,000.00
Pekerja	= 12 x 2 x Rp 15.714.29	= Rp. 377,142.96
Total biaya lembur		= Rp. 791,428.66

Setelah melakukan perhitungan percepatan waktu pada masing – masing kegiatan, maka diperoleh biaya yang diperlukan untuk melakukan percepatan pelaksanaan kegiatan tersebut.

Rekapitulasi perhitungan waktu dan biaya sebelum dan setelah percepatan pada masing – masing kegiatan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan Waktu dan Biaya

Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Hari)	Crash (Hari)	Biaya normal	Biaya Crash
A	-	12	9	262,180,000.00	262,855,335.6
B	A	12	10	4,494,300,551.88	4,495,006,266.00
C	B	6	4	146,273,376.00	146,981,947.5
D	C	10	8	218,270,778.30	218,705,064.00
E	D	7	5	51,824,084.11	52,389,798.43
F	E	11	8	1,045,553,337.00	1,046,261,908.00
G	F	5	4	1,420,975,030.50	1,421,660,745.00
H	G	5	4	1,809,271,673.10	1,809,957,387.00
I	H	3	2	10,042,602.00	10,483,430.59
J	I	5	4	218,853,761.00	219,128,389.00
K	I	7	5	20,926,920.00	22,024,062.96
L	K	7	5	2,249,894,606.93	2,251,207,179.00
M	C	4	3	57,310,357.86	57,625,786.44
N	M	6	5	94,919,966.65	95,187,395.23
O	N	6	3	5,282,624.90	6,334,053.54
P	L	14	10	130,868,523.00	131,954,237.4
Q	L	30	25	1,541,376.98	2,332,805.64

Sumber : Hasil penelitian

Berdasarkan pada tabel 4.10 maka diperoleh hasil waktu dan biaya setelah melakukan percepatan terhadap masing – masing kegiatan proyek pada Proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel.

Hasil dari waktu dan biaya setelah melakukan percepatan dengan opsi menambah waktu jam kerja atau kerja lembur tersebut pada proyek tersebut memiliki nilai *slope* yang berbeda pada setiap kegiatan, nilai *slope* tersebut merupakan kemiringan pada biaya setelah melakukan percepatan.

Nilai *slope* setiap kegiatan pada Proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kabupaten Mansel dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Nilai Slope Masing – Masing Kegiatan

Kode Kegiatan	Slope
A	225,111.87
B	352,857.06
C	354,285.75
D	217,142.85
E	282,857.16
F	236,190.33
G	685,714.5
H	685,713.9
I	440,828.59
J	274,628
K	548,571.48
L	656,286.03
M	315,428.58
N	267,428.58
O	350,476.21
P	271,428.6
Q	158,285.73

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.11 dapat dilihat nilai *slope* setiap kegiatan proyek, sehingga nilai *slope*, sehingga dapat mengurangi waktu penyelesaian proyek dengan menekan sebanyak mungkin kegiatan – kegiatan kritis yang mempunyai slope terkecil.

Dari tabel 4. 11 Diperoleh slope terkecil pada kegiatan Q. Dengan demikian kegiatan Q dapat ditekan sebanyak 5 hari. Berikut merupakan perhitungan untuk melakukan percepatan waktu pada proyek tersebut :

- Diperoleh waktu penyelesaian = $115 - 10 = 105$ hari, dengan biaya sebagai berikut : $14,539,400,000.00 + (115 - 105) 158,285.73 =$
Rp. 14,540,982,860.00.

- Target penyelesaian proyek yaitu selama 100 hari, maka perlu menekan aktivitas kritis lain dengan slope terkecil setelah Q yaitu kegiatan D dan A.
- Kegiatan D dipercepat 2 hari, yaitu $= 105 - 2 = 103$ hari, dengan biaya sebagai berikut : $14,540,982,860.00 + (105 - 103) 217,142.85 =$
Rp. 14,541,417,150.00
- Kegiatan A dipercepat 3 hari, yaitu $= 103 - 3 = 100$ hari, dengan biaya sebagai berikut : $14,541,417,150.00 + (103 - 100) 225,111.87 =$
Rp. 14,542,092,490.00
- Biaya tidak langsung pada proyek tersebut sebesar Rp. 4,550,000,000.00. Jika proyek dapat diselesaikan dalam waktu 100 hari, maka biaya tidak langsung menjadi $= (4,550,000,000.00 : 115) \times 100 =$ Rp. 3.956.521.739.00
- Dengan waktu penyelesaian proyek selama 110 hari, diperoleh biaya sebesar
Rp. 14.542.092.490.00 + Rp. 3.956.521.739.00 = Rp. 18.498.614.230.00

Setelah melakukan perhitungan terhadap biaya sesuai dengan target waktu yang telah ditentukan, diperoleh bahwa waktu penyelesaian lebih cepat dan biaya yang lebih irit dibandingkan dengan waktu dan biaya pada kegiatan normal menurut metode CPM.

4.3.6 Efisiensi Waktu dan Biaya

Setelah melakukan analisis terhadap waktu dan biaya pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kab. Mansel di Provinsi Papua Barat dengan menggunakan metode CPM, terdapat perbedaan dalam waktu dan biaya.

Efisiensi waktu dan biaya proyek dengan menggunakan network planning metode CPM dihitung sebagai berikut :

- **Efisiensi Waktu** = $115 - 100 = 15$ hari Atau

$$= \frac{115 - 100}{100} \times 100\% = 15 \%$$
- **Efisiensi Biaya** = Rp 19,089,400,000 - Rp 18,498,614,230
 = Rp 590,785,770 Atau

$$= \frac{\text{Rp } 19,089,400,000 - \text{Rp } 18,498,614,230}{\text{Rp } 18,498,614,230} \times 100\% = 3.19 \%$$

4.3.7 Penggunaan Metode PERT

Berdasarkan pada metode CPM, berikut merupakan jenis kegiatan yang melintasi jalur kritis :

Tabel 4.12 Kegiatan Jalur Kritis

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Hari)
1	Mobilisasi	A	-	12
2	Galian biasa	B	A	12
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	B	6
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	C	10
5	Timbunan biasa dari galian	E	D	7
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	E	11
7	Lapis pondasi kelas B	G	F	5
8	Lapis pondasi kelas A	H	G	5
9	Penyiapan badan jalan	I	H	3
10	Bahan anti pengelupasan	K	I	7
11	Lataston lapis pondasi	L	K	7
12	Pasangan batu dengan mortar	Q	L	30

Sumber : Hasil Perhitungan CPM

Dari data *time schedule* pada tabel 4.10, maka dapat di tentukan waktu normal rata – rata *tr* (hari) dengan menggunakan persamaan :

$$tr = \frac{12 + 12 + 6 + 10 + 7 + 11 + 5 + 5 + 3 + 7 + 7 + 30}{12}$$

$$= 9,58$$

Menentukan nilai standar deviasi masing – masing kegiatan dengan rumus :

$$Se = \sqrt{\frac{\sum(X-tr)^2}{N-1}}$$

Tabel 4.13 Standar Deviasi Setiap Kegiatan

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu normal (Hari)	Standar deviasi <i>Se</i>
1	Mobilisasi	A	12	0,73
2	Galian biasa	B	12	0,73
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6	1,08
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10	0,13
5	Timbunan biasa dari galian	E	7	0,78
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11	0,43
7	Lapis pondasi kelas B	G	5	1,38
8	Lapis pondasi kelas A	H	5	1,38
9	Penyiapan badan jalan	I	3	1,98
10	Bahan anti pengelupasan	K	7	0,78
11	Lataston lapis pondasi	L	7	0,78
12	Pasangan batu dengan mortar	Q	30	6,16

Sumber : Hasil penelitian

Setelah memperoleh waktu normal rata – rata *tr* (hari), dan nilai standar deviasi setiap kegiatan pada proyek Peningkatan Jalan Batas Kota Pegaf – Batas Kab. Mansel di Provinsi Papua Barat dengan menggunakan persamaan pada

metode PERT, selanjutnya yaitu menentukan waktu optimis dan waktu pesimis pada setiap kegiatan pekerjaan.

Pada metode *project evaluation and review technique* (PERT) diperlukan waktu optimis dan waktu pesimis untuk menyelesaikan metode tersebut.

Untuk waktu optimis dapat ditentukan dengan persamaan : $t_o = t_r - z \cdot s$. Apabila ditetapkan nilai 6% maka taraf signifikansi adalah $100\% - 6\% = 99,4\%$.. Nilai Z adalah $0,006 / 2 = 0,003$ sehingga nilai $Z = 2,75$ (lihat tabel normal).

Tabel 4.14 Waktu optimis setiap kegiatan.

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu normal	Waktu optimis
1	Mobilisasi	A	12	7,57
2	Galian biasa	B	12	7,57
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6	6,88
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10	9,22
5	Timbunan biasa dari galian	E	7	7,43
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11	8,39
7	Lapis pondasi kelas B	G	5	5,78
8	Lapis pondasi kelas A	H	5	5,78
9	Penyiapan badan jalan	I	3	4,13
10	Bahan anti pengelupasan	K	7	7,43
11	Lataston lapis pondasi	L	7	7,43
12	Pasangan batu dengan mortar	Q	30	-7,36

Sumber : Hasil penelitian

Setelah mengetahui waktu optimis pada setiap pekerjaan, selanjutnya yaitu mencari waktu pesimis setiap pekerjaan yang tertera pada tabel 4.15

Untuk waktu pesimis dapat ditentukan dengan persamaan : $t_o = t_r + z \cdot s$.

Apabila ditetapkan nilai 6% maka taraf signifikansi adalah $100 \% - 6 \% = 99,4 \%$..

Nilai Z adalah $0,006 / 2 = 0,003$ sehingga nilai $Z = 2,75$ (lihat tabel normal).

Tabel 4.15 Waktu pesimis setiap kegiatan

No	Jenis Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu normal	Waktu pesimis
1	Mobilisasi	A	12	11,59
2	Galian biasa	B	12	11,59
3	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	C	6	12,55
4	Timbunan biasa dari sumber galian	D	10	9,94
5	Timbunan biasa dari galian	E	7	11,72
6	Timbunan pilihan dari sumber galian	F	11	10,76
7	Lapis pondasi kelas B	G	5	13,37
8	Lapis pondasi kelas A	H	5	13,37
9	Penyiapan badan jalan	I	3	15,02
10	Bahan anti pengelupasan	K	7	11,73
11	Lataston lapis pondasi	L	7	11,73
12	Pasangan batu dengan mortar	Q	30	26,52

Sumber : Hasil penelitian

Dengan mengetahui waktu optimis dan waktu pesimis pada setiap jenis pekerjaan, selanjutnya yaitu dapat melakukan perhitungan rata – rata ketiga durasi kegiatan (Waktu optimis, waktu normal, dan waktu pesimis)

Menentukan rata-rata ketiga durasi kegiatan T_e :

$$T_e = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

Menentukan Standar Deviasi masing – masing kegiatan :

$$S = \frac{(b - a)}{6}$$

Menghitung varian masing – masing kegiatan :

$$V(te) = S^2 - \left[\frac{(b - a)}{6} \right]^2$$

Berdasarkan pada ketiga persamaan diatas, maka diperoleh hasil perhitungan pada setiap kegiatan pekerjaan yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.16 Rekapitulasi Perhitungann Te, S dan V(te) :

No	waktu normal m	waktu optimis a	Waktu pesimis b	te	s	V (te)
1	12	7,57	11,59	11,19	0.67	0,20
2	12	7,57	11,59	11,19	0,67	0,20
3	6	6,88	12,55	7.24	1.43	1,83
4	10	9,22	9,94	9,86	0.94	1,01
5	7	7,43	11,72	7,86	0,71	0,26
6	11	8,39	10,76	10,53	0,39	5,02
7	5	5,78	13,37	6,53	1.26	8,54
8	5	5,78	13,37	6,53	1.26	8,54
9	3	4,13	15,02	5.19	1,81	10,79
10	7	7,43	11,73	7,86	0,71	0,26
11	7	7,43	11,73	7,86	0,71	0,26
12	30	-7,36	26,52	23.19	5.65	1017,84
Σ	115					1054.75

Sumber : Hasil Penelitian

Setelah memperoleh hasil perhitungan pada tabel 4.14, tahap selanjutnya yaitu menentukan faktor distribusi normal dengan menggunakan metode PERT.

Menentukan faktor distribusi normal

Standar Deviasi Lintasan Kritis

$$S_{cp} = \sqrt{V(te)cp}$$

$$S_{cp} = \sqrt{1054.75} = 32.47$$

Angka kemungkinan mencapai target jika lintasan kritis dengan metode CPM adalah 115 hari, dan target jadwal diharapkan 100 hari, maka :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{(T(d) - TE)}{S} \\ &= \frac{(115 - 100)}{32,47} \\ &= 0,46 \end{aligned}$$

Dari tabel distribusi normal didapat $z = 0,46$ diperoleh hasil didapatkan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 100 hari adalah 0,6772 atau 67,72 %, sehingga untuk menyelesaikan proyek tersebut peluangnya **32,28 %** .