

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi gambaran umum proyek sebagai objek penelitian, pengukuran kinerja biaya dan waktu menggunakan *earned value method* pada pekerjaan *hydro mechanical* proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Titab yang dikerjakan PT. XYZ selaku kontraktor pelaksana dan penjadwalan ulang sisa aktivitas menggunakan *Critical Path Method* (CPM).

4.1 Pengenalan Proyek

Proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), yaitu PLTMH Titab yang berlokasi di Desa Ularan, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng, Bali. Pembangunan bendungan Titab memiliki sumber air yang berasal dari Sungai Saba dengan tujuan untuk mengatasi kekeringan dan penanggulangan banjir terutama di Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng. Bendungan Titab juga akan mengairi daerah irigasi Saba dan Puluran seluas 1,794.82 Ha untuk meningkatkan intensitas tanam. Disamping itu, bendungan Titab juga akan memenuhi kebutuhan air baku sebesar 350 liter/detik di tiga kecamatan, yaitu Seririt, Banjar dan Busungbiu. Bendungan Titab juga menambah cadangan energy listrik sebesar 2 x 0.75 MW untuk Kecamatan Busungbiu serta sebagai daerah konservasi air dan pariwisata. Kapasitas tampung bendungan yaitu sebesar 12 juta m³.

Pada gambar 4.1 akan ditunjukkan skema PLTMH secara umum.



Gambar 4.1 Skema PLTMH
Sumber: IMIDAP (2009:5)

Pada gambar 4.1 dapat dilihat skema PLTMH secara umum. Mengenai cara kerja dari PLTMH adalah sebagai berikut:

1. Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air dan tinggi jatuh air, kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang
2. Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air.
3. Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator.
4. Setelah mendapat putaran yang konstan maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim ke konsumen melalui saluran kabel distribusi.

Pada proyek PLTMH Titab terdapat 3 divisi pekerjaan, yaitu pekerjaan sipil, pekerjaan *hydro mekanichal*, dan pekerjaan *electrical*. Masing-masing divisi pekerjaan dikerjakan oleh kontraktor berbeda dimana sesuai dengan bidang keahlian kerja. Pada pekerjaan sipil dikerjakan oleh PT. Nindia-Brantas KSO. Pada pekerjaan *hydro mekanichal* proyek pembangunan PLTMH Titab, *main contractor* proyek adalah PT. Barata Indonesia (Persero) UMM Tegal dan subkontraktor pelaksana adalah PT. XYZ. Pekerjaan *hydro mekanichal* yang dikerjakan PT. XYZ meliputi persiapan; fabrikasi dan perakitan; instalasi; *finishing* dan inspeksi; *test* dan *commissioning*. Pekerjaan *electrical* masih dalam proses tender sehingga belum diketahui siapa sebagai pelaksana pekerjaan *electrical* nantinya. Untuk penjelasan masing-masing pekerjaan akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Pekerjaan Sipil

- a. *Soil test*: Didalam pekerjaan proyek sebelum menentukan desain structure suatu bangunan semua berdasarkan kondisi lapisan tanah data hasil survey tanah (*soil test*) sebagai pedoman pihak perencana /desainer akan menentukan sistem pondasi dan setruktur bangunan.
- b. Pekerjaan beton: Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ialah pekerjaan yang selalu berurusan dengan air maka tidak akan lepas dengan pekerjaan beton dengan berbagai ukuran kekerasan beton disesuaikan dengan kebutuhan lapangan. Bagian pekerjaan sipil yang menggunakan struktur beton antara lain: *spellway*, *conduit*/lorong tempat pemasangan pipa *penstock*, main building, saluran air/drainase dan lain-lain.
- c. Pekerjaan timbunan: Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab Bali dengan cara membuat bendungan di sungai Saba dengan dimensi penampang *cuperdump* lebar alas 200 m, lebar atas 30 m, tinggi 65 m diukur dari

dasar aliran sungai dan panjang 180 m. Sehingga diperhitungkan volume timbunan 1,5 s/d 1,8 juta m³ untuk diberbagai posisi, material timbunan diambilkan dari area yang nantinya akan terendam jika waduk tersebut sudah difungsikan.

- d. Pekerjaan gedung: *Control room* ialah gedung tempat untuk pengedali operasinal pembangkit dan tempat untuk menempatkan : *box panel*, sekering, transformator arus listrik dari *Turbine* sebelum disalurkan ke jaringan listrik PLN. Bangunan *control room* dibuat *full* beton karena harus kedap air untuk menghindari hubungan pendek arus listrik.

2. Pekerjaan *Hydro Mechanical*

Untuk pekerjaan *hydro mechanical* berdasarkan Gambar 4.1, terletak pada instalasi pipa pesat. Dengan rincian aktivitasnya sebagai berikut:

- a. *Persiapan*: Aktivitas ini meliputi mobilisasi dan demobilisasi peralatan dan tenaga kerja dan juga pengadaan alat berat yang digunakan.
- b. *Pengerjaan Fabrikasi dan Perakitan*: Pengerjaan fabrikasi dan perakitan meliputi perakitan *closure gate* 3200 L dan 3000 L, fabrikasi untuk *temporary hoist frame & support temporary closure gate*, dan fabrikasi pipa *penstock*.
- c. *Pengerjaan Instalasi*: Pengerjaan instalasi meliputi pemasangan material yang telah melalui fabrikasi dan perakitan.
- d. *Finishing dan Inspeksi*: Aktivitas ini terdiri *finishing* dan inspeksi untuk pekerjaan di akhir perencanaan.
- e. *Test dan Commissioning*: Aktivitas *test* dan *commissioning* terdiri dari pengujian dan pengawasan bendungan yang siap diisi air dan dilakukan pengujian.

4.1.1 Data Proyek

Berikut merupakan data umum dari proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Titab”.

Nama Proyek	: Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Titab
Divisi Pekerjaan	: Pekerjaan <i>Hydro Mechanical</i>
Kontraktor Utama	: PT. Barata Indonesia (Persero) Unit Tegal
Kontraktor Pelaksana	: PT. XYZ
Waktu Pelaksanaan	: Juni 2014 – Mei 2015
Nilai Kontrak	: Rp 1.105.304.609,11 (exclude PPN 10%)



Gambar 4.2 Lokasi Proyek
Sumber: PT. XYZ

4.1.2 Aktivitas Kerja Pekerjaan *Hydro Mechanical*

Proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab divisi pekerjaan *hydro mechanical* memiliki beberapa aktivitas utama dalam pengerjaannya yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Aktivitas *Hydro Mechanical*

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa aktivitas kerja untuk pekerjaan *hydro mechanical* terdiri dari lima aktivitas utama dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Persiapan

Sebelum kegiatan pekerjaan proyek dimulai, banyak pekerjaan persiapan harus dilaksanakan terlebih dahulu diantaranya pengadaan material logam dan *equipment*, untuk keperluan pembauatan pipa *penstock* dari bahan besi plat (*carbon steel*) SS400 dengan tebal plate bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan untuk *equipment* (*stop kran*, *hollow jet* dan lain-lain) beli dalam bentuk jadi dari pabrikan. Aktivitas ini meliputi mobilisasi peralatan, tenaga kerja, dan juga pengadaan alat berat yang digunakan. Sebelum para pekerja proyek berdatangan dilokasi persiapan peralatan kerja terlebih dahulu didatangkan, mobilisasi *tools & equipment* dilaksanakan dengan cara menggunakan jasa pengiriman barang.

2. Pengerjaan Fabrikasi dan Perakitan

Pengerjaan fabrikasi dan perakitan meliputi perakitan *closure gate* 3200 L dan 3000 L, fabrikasi untuk *temporary hoist frame & support temporary closure gate*, dan fabrikasi

pipa *penstock*. *Closure gate* ialah unit penutup hulu terowongan (*conduits*) saluran air yang bisa dibuka dan ditutup, model dan bentuk sama dengan pintu air yang ada di cekdam atau saluran irigasi. Terowongan yang ada di PLTMH Titab ada 2 unit terowongan, 1 unit terowongan untuk saluran air sebelum waduk difungsikan, 1 unit terowongan untuk pemasangan pipa *penstock* dengan seluruh peralatannya. *Penstock Pipe Conduits* berfungsi untuk menyalurkan air dari waduk untuk menggerakkan *turbine* yang terpasang di *Power House* dengan diameter dalam pipa 1200 mm total panjang 169 meter tebal pipa 12 mm. Proses pembuatan pipa dari lebaran plate dengan cara di gulung pada mesin *roll*, untuk membuat panjang pipa 169 m dibutuhkan antara 115 lembar *plate* ukuran 1500 mm x 3768 mm x 12 mm termasuk cadangan pipa. Sebelum lembaran *plate* digulung terlebih dahulu bagian semua sisi di bevel (dipotong miring 30°) untuk kampuh pengelasan, dalam proses penggulangan *plate* diperlukan alat angkat (mobil *crane*) karena berat tiap potong *plate*.

3. Pengerjaan Instalasi

Pengerjaan instalasi meliputi pemasangan (install) material yang telah melalui proses fabrikasi dan perakitan diharuskan urut sesuai gambar kerja, karena masing-masing bagian per bagian ada kalanya tidak sama. Di dalam pekerjaan pemasangan dibutuhkan alat bantu cukup banyak karena lokasi pemasangan didalam terowongan dengan ukuran lebar 3 m dan tinggi 5 m.

4. *Finishing* dan Inspeksi

Aktivitas ini terdiri *finishing* dan inspeksi untuk pekerjaan di akhir perencanaan. Aktivitas *finishing* meliputi pembersihan material sisa ataupun *support temporary* selama proses pekerjaan pemasangan berlangsung sehingga akan ditemukan manakala ada pekerjaan yang tertinggal ataupun secara teknis kurang sempurna. Aktivitas inspeksi meliputi kegiatan yang melibatkan seluruh komponen yang terlibat didalam kegiatan proyek antara lain: Direksi Proyek, Konsultan pengawas, Tim pelaksana pekerjaan secara bersama-sama memeriksa hasil kerja yang dilakukan oleh pelaksana pekerjaan. Jika ditemukan ada pekerjaan kurang sempurna maka harus dilakukan perbaikan sebagai mestinya menurut spesifikasi teknis.

5. *Test* dan *Commisioning*

Aktivitas *test* dan *commissioning* terdiri dari pengujian dan pengawasan bendungan yang siap diisi air dan dilakukan pengujian. *Test* dan *commissioning* merupakan bagian dari proses pekerjaan proyek, pekerjaan pemasangan pipa *penstock* PLTMH Titab termasuk dalam kategori bejana tekan walaupun pada *low pressure* (tekanan rendah) menurut

perhitungan tekanan kerja hanya 6,2 kg/cm². Metode pengujian tekanan ialah memasang manometer di ujung pipa paling bawah (*power house*) dibagian kedua ujung pipa ditutup *plate (blink flange)* dengan cara dilas kuat. Kemudian pipa diisi air penuh dan tidak boleh ada udara terjebak didalam pipa, kemudian dilakukan pemampatan dengan cara dipompa dengan pompa air tekanan tinggi, secara bertahap pada tekanan tertentu diperiksa apakah ada yang bocor atau tidak. Pengamatan di PLTMH Titab pada tekanan 2 kg/cm²; 4 kg/cm²; 6 Kg/cm²; 7,25 kg/cm² dengan *holding time* selama 15 menit. Dan pada tahapan tekanan tersebut diadakan pemeriksaan seluruh bagian dan tidak ditemukan keboran maka pengujian dinyatakan selesai.

Pada bulan September 2015, dimana *progress* proyek masih sebesar 68.56 %, terdapat beberapa aktivitas utama yang masih belum selesai dikerjakan oleh PT. XYZ yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kemajuan Aktivitas Proyek

Aktivitas Kerja		Progress Pengerjaan (%)
I	Persiapan	
1	Mob demob peralatan, tenaga kerja dan material	98.33
2	Pengadaan alat berat	98
II	Fabrikasi & Perakitan	
II-a	Perakitan <i>Closure Gate</i> 3200L	100
II-b	Perakitan <i>Closure Gate</i> 3000L	100
II-c	Fabrikasi Temporary Hoist Frame dan support temporary closure gate B 3200 H 5500	100
II-d	Fabrikasi <i>Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	100
III	Instalasi	
III-a	Instalasi <i>temporary Hoist Frame closure gate</i> B 3200 H5500	100
III-b	Instalasi <i>Hoist Frame closure gate</i> B 3000 H5500	100
III-c	Pengecatan <i>Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	100
III-d	Instalasi <i>Temporary Support Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	100
III-e	Instalasi <i>penstock pipe</i> OP 1 - OP 54	42.11
III-f	Instalasi <i>Monorail hoist capacity</i> 5 ton	5.94
III-g	Instalasi <i>Water Suply</i> dia. 400 mm	0
III-h	Instalasi <i>Blower fan (in/out)</i>	2.32
III-i	Instalasi <i>Trashboom</i>	0
IV	Finishing dan Inspeksi	0
V	Test & Commissioning	0

Sumber: PT. XYZ (2015)

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, dapat dilihat progress proyek pada bulan September 2015, dimana terdapat beberapa aktivitas yang sudah selesai dikerjakan, dengan ditunjukkannya nilai 100 % dan juga terdapat beberapa aktivitas yang masih sedang dikerjakan. Pada aktivitas-aktivitas tersebut, dilakukan evaluasi bagaimana jalannya proyek selama ini berdasarkan kinerja waktu dan biayanya menggunakan *Earned Value Method* (EVM). Untuk aktivitas yang menunjukkan nilai 0 % atau aktivitas yang masih belum dikerjakan oleh PT. XYZ, akan dilakukan penjadwalan ulang menggunakan *Critical Path Method* (CPM).

4.2 Perencanaan Proyek

PT. XYZ selaku kontraktor pelaksana dari proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab bertugas merencanakan dan melaksanakan proyek pada divisi pekerjaan *hydromechanical* rencana awal dari proyek adalah berupa volume pekerjaan, perhitungan bobot pekerjaan, pembuatan *time schedule* dan pembuatan kurva S.

4.2.1 Volume Pekerjaan

PT. XYZ menggunakan beberapa satuan dan volume pekerjaan. Satuan menunjukkan ukuran kuantitatif dari aktivitas kerja sedangkan volume pekerjaan menunjukkan jumlah total satuan yang harus dikerjakan selama satu aktivitas kerja dalam suatu proyek. Untuk pekerjaan fabrikasi dan instalasi menggunakan satuan kg. Menurut PT. XYZ penggunaan satuan kg dalam proyek seperti ini lebih mudah dalam penghitungan anggaran. Satuan per kg yang digunakan berdasarkan berat material dari suatu pekerjaan yang dilakukan. Pada proyek ini, upah tenaga kerja per kg adalah Rp 5,200.00. Untuk biaya material menyesuaikan sesuai kebutuhan aktivitas. Pada aktivitas yang membutuhkan anggaran biaya lebih besar maka memiliki volume pekerjaan yang lebih besar. Untuk aktivitas persiapan, *finishing & inspeksi*, dan *test & commissioning* memakai satuan pekerjaan *lumpsum* (ls) dengan volume pekerjaan 1, karena hanya menggunakan satu paket alat persiapan kerja. Sehingga volume pekerjaan total untuk aktivitas persiapan adalah 1 *lumpsum* (ls) untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja dan 1 *lumpsum* (ls) untuk sub aktivitas pengadaan alat berat. Harga 1 paket mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja adalah Rp 81,150,000.00 sedangkan harga 1 paket pengadaan alat berat adalah Rp 233,100,000.00. Pada Tabel 4.2 akan ditunjukkan rincian biaya tiap aktivitas.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Aktivitas Persiapan} &= \sum \text{Biaya sub aktivitas persiapan} \\ &= \text{Rp } 81,150,000.00 + \text{Rp } 233,100,000.00 \\ &= \text{Rp } 314,250,000.00 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 4.2 total anggaran biaya untuk proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* adalah sebesar Rp 1,105,304,609.11. Total biaya tersebut mencakup biaya material dan upah tenaga kerja sampai akhir penyelesaian proyek. Rincian hasil penentuan satuan dan volume pekerjaan dan anggaran biaya keseluruhan ditunjukkan pada Lampiran 1.

Tabel 4.2 Rincian Biaya per Aktivitas Proyek

No	Item Pekerjaan	Anggaran Biaya (Rp)
I	Persiapan	314,250,000.00
II	Fabrikasi & Perakitan	
	Perakitan <i>Closure Gate</i> 3200L	33,072,022.98
	Perakitan <i>Closure Gate</i> 3000L	26,308,843.12
	Fabrikasi <i>Temporary Hoist Frame & support temporary closure gate</i> B 3200 H 5500	25,678,022.60
	Fabrikasi <i>Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	84,557,632.50
III	Instalasi	
	Instalasi <i>temporary Hoist Frame closure gate</i> B 3200 H5500	62,578,621.13
	Instalasi <i>Hoist Frame closure gate</i> B 3000 H5500	51,966,774.31
	Pengecatan <i>Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	23,779,026.26
	Instalasi <i>Temporary Support Penstock Pipe</i> OP 1 - OP 54	22,970,096.27
	Instalasi <i>penstock pipe</i> OP 1 - OP 54	289,488,492.35
	Instalasi <i>Monorail hoist capacity</i> 5 ton	54,525,592.66
	Instalasi <i>Water Suply</i> dia. 400 mm	10,018,223.74
	Instalasi <i>Blower fan (in/out)</i>	29,816,876.26
	Instalasi <i>Trashboom</i>	48,794,384.94
IV	<i>Finishing</i> dan Inspeksi	
	<i>Finishing</i>	7,500,000.00
	Inspeksi	6,500,000.00
V	<i>Test & Commissioning</i>	
	Pengujian dan Pengawasan	14,000,000.00
Total Anggaran		1,105,304,609.11

Sumber: PT. XYZ (2014)

4.2.2 Durasi Pekerjaan

Proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab divisi pekerjaan *hydro mechanical* yang dikerjakan oleh PT. XYZ dimulai sejak tanggal 23 Juni 2014 dan seharusnya selesai pada tanggal 30 Mei 2015 dengan total periode kerja selama 44 minggu. PT. XYZ membuat rencana pengerjaan aktivitas proyek yang disebut dengan *time schedule*. Durasi aktivitas dalam rencana pengerjaan dibuat dalam bentuk satuan hari. Data *time schedule* proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab divisi pekerjaan *hydro mechanical* dalam satuan hari ditunjukkan pada Lampiran 2.

4.2.3 Kurva-S Perencanaan

Pada tahap perencanaan suatu proyek, PT XYZ membuat perencanaan dengan kurva S menggunakan perhitungan bobot berdasarkan biaya. Masing-masing aktivitas kerja dalam proyek memiliki bobot tersendiri. Bobot tiap aktivitas kerja didapatkan dari perhitungan rasio antara total biaya untuk satu aktivitas kerja terhadap total biaya keseluruhan pengerjaan proyek. Sebagai contoh, berikut merupakan perhitungan bobot untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada aktivitas persiapan.

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot mob demob peralatan dan tenaga kerja} &= \frac{\text{Biaya sub aktivitas}}{\text{Total biaya pengerjaan proyek}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 81,150,000.00}{\text{Rp } 1,105,304,609.00} \times 100\% \\
 &= 7.342 \%
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama untuk setiap aktivitas kerja didapatkan rincian bobot untuk tiap aktivitas kerja pada pekerjaan *hydro mechanical* proyek Pembangunan PLTMH Titab yang ditunjukkan pada Lampiran 3.

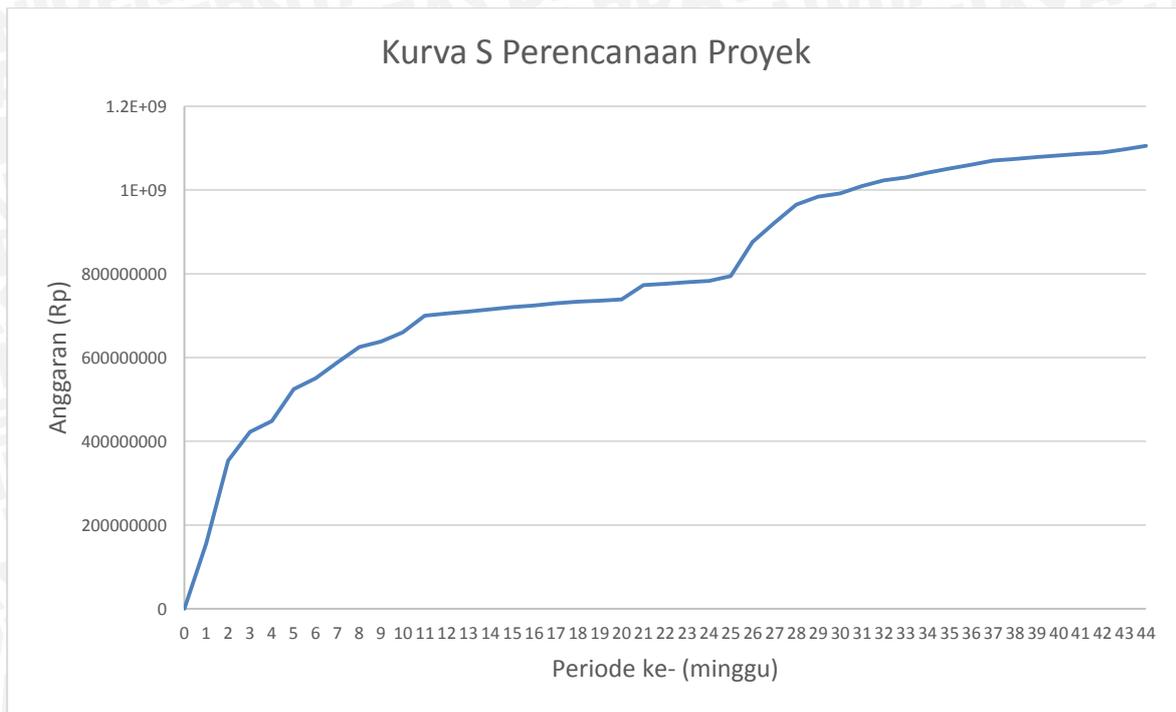
Bobot yang telah dihitung untuk tiap aktivitas dibagi ke dalam tiap harinya sesuai dengan durasi aktivitas yang akan dihitung. Berikut merupakan contoh perhitungan bobot pekerjaan dalam satuan waktu untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja.

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot pekerjaan harian} &= \frac{\text{Bobot aktivitas mob demob}}{\text{Durasi aktivitas dalam hari}} \\
 &= \frac{7.342 \%}{10 \text{ hari}} \\
 &= 0.7342 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan pembagian bobot dalam satuan waktu untuk tiap aktivitas ditunjukkan pada Lampiran 3.

Bobot untuk tiap aktivitas yang didapatkan digunakan untuk menghitung bobot kumulatif keseluruhan aktivitas kerja dalam proyek dan digambarkan dalam bentuk diagram garis yang menghubungkan antar bobot kumulatif per satuan waktu. Grafik ini membentuk kurva yang disebut sebagai kurva S perencanaan yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan rencana pembangunan pada proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab divisi *pekerjaan hydro mechanical* yang digambarkan dengan biaya anggaran tiap periode pengerjaan. Rencana proyek yang dibuat oleh PT. XYZ dimulai dari periode 0 pada tanggal 23 Juni 2014 dan berakhir pada periode 44 pada tanggal 30 Mei 2015.



Gambar 4.4 Kurva S Perencanaan

4.3 Perhitungan Kinerja Proyek Dengan *Earned Value*

Perhitungan nilai kinerja proyek menggunakan tiga indikator yaitu nilai *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS), *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP), dan *Actual Cost Work Performed* (ACWP). Berikut merupakan pengolahan perhitungan kinerja proyek dengan metode nilai hasil atau *Earned Value Methods* (EVM).

4.3.1 Perhitungan *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS)

Nilai *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS) yang akan dihitung adalah jumlah total biaya yang dianggarkan sampai periode tertentu. Dalam penelitian ini nilai BCWS dihitung sampai periode ke-59. Namun dikarenakan seharusnya proyek ini selesai pada minggu ke-44, maka nilai BCWS dari periode ke-44 sampai periode ke-59 adalah sama. Berikut adalah contoh perhitungan nilai anggaran untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada periode ke-59.

$$\begin{aligned}
 \text{BCWS} &= \frac{\sum \text{Bobot periode ke-59 (lampiran 4)}}{\sum \text{Bobot total (lampiran 4)}} \times \text{Total Anggaran} \\
 &= \frac{7.34\%}{7.34\%} \times \text{Rp } 81,150,000.00 \\
 &= \text{Rp } 81,150,000.00
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung nilai BCWS pada tiap aktivitas, kemudian menghitung bobot BCWS tiap aktivitas. Berikut merupakan contoh perhitungan bobot BCWS untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{Bobot BCWS} &= \frac{\text{nilai BCWS mob demob periode ke-59}}{\Sigma \text{Total nilai BCWS periode ke-59}} \times 100\% \\ &= \frac{81,150,000.00}{1,105,304,609.11} \times 100\% \\ &= 7.34\% \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan bobot dan nilai anggaran (BCWS) sampai pada periode ke-44 ditunjukkan pada Lampiran 4. Jumlah total *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS) atau nilai anggaran sampai periode ke-44 adalah Rp 1,105,304,609.11. Kurva S perencanaan anggaran atau BCWS sesuai dengan kurva S perencanaan pada Gambar 4.4.

4.3.2 Perhitungan *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP)

Nilai *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP) dihitung berdasarkan jumlah aktualisasi pengerjaan proyek terhadap anggaran biaya yang dialokasikan. Data aktualisasi pengerjaan proyek sampai periode ke-59 atau bulan September 2015 didapatkan dari laporan pengerjaan proyek PT. XYZ. Rincian data pengerjaan proyek sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Lampiran 5. Berikut merupakan contoh perhitungan kemajuan progress pengerjaan sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{Kemajuan terhadap proyek} &= \frac{\text{Progress sub aktivitas mob demob periode ke-59} \times \text{bobot pekerjaan}}{100\%} \\ &= \frac{98.33\% \times 7.342}{100\%} \\ &= 7.220\% \end{aligned}$$

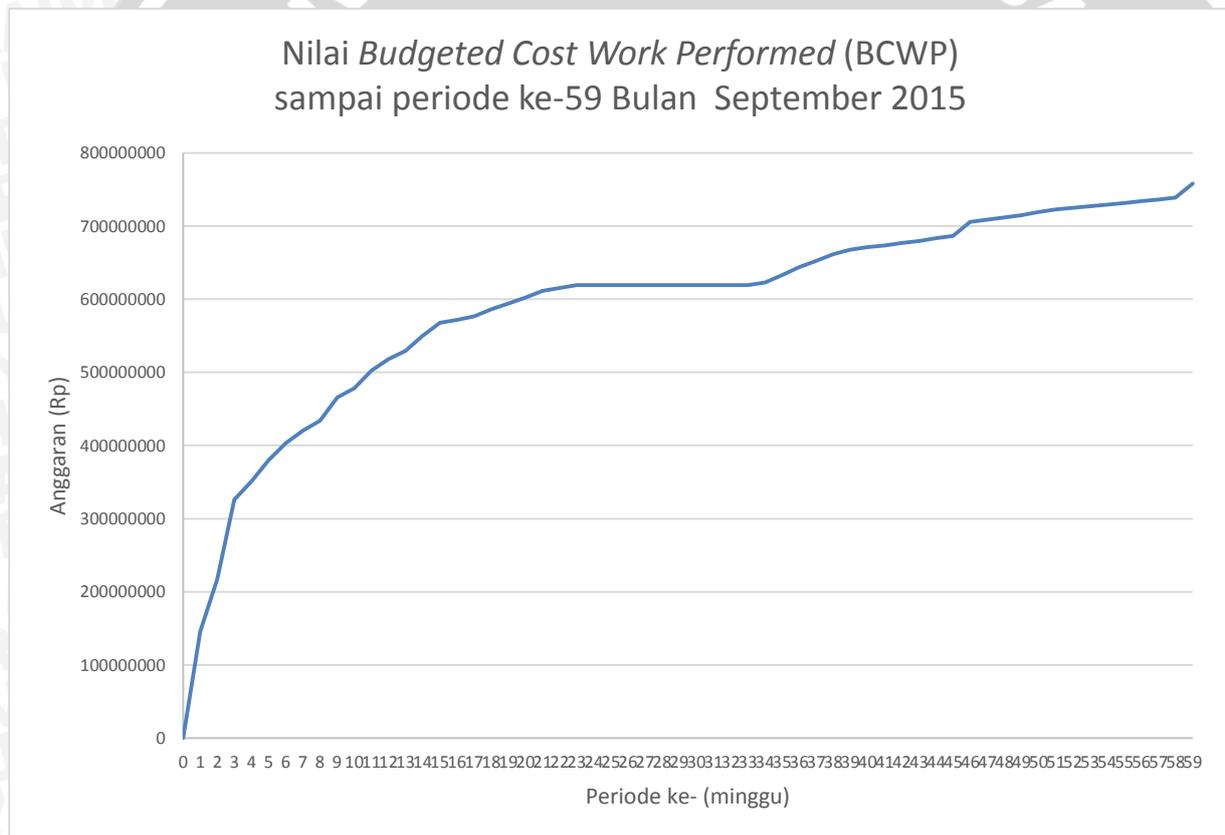
Untuk mendapatkan nilai BCWP, dapat dilakukan dengan perhitungan perkalian antara persentase pengerjaan dengan anggaran biaya. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai BCWP untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada aktivitas persiapan sampai periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{BCWP} &= \frac{\text{Progress Pengerjaan sub aktivitas}}{100\%} \times \text{Anggaran} \\ &= \frac{98.33\%}{100\%} \times \text{Rp } 81,150,000.00 \\ &= \text{Rp } 79,797,500.00 \end{aligned}$$

Setelah menghitung nilai BCWP pada tiap aktivitas, kemudian menghitung bobot BCWP tiap aktivitas. Berikut merupakan contoh perhitungan bobot BCWP untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{Bobot BCWP} &= \frac{\text{nilai BCWP mob demob periode ke-59}}{\sum \text{Total nilai BCWP periode ke-59}} \times 100\% \\ &= \frac{79,797,500.00}{757,780,217.27} \times 100\% \\ &= 10.53\% \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai BCWP sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Lampiran 6. Jumlah total nilai *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP) sampai periode ke-59 atau bulan September 2015 adalah Rp 757,780,217.27. Nilai BCWP yang didapatkan selanjutnya dilakukan pembuatan kurva S nilai aktualisasi pengerjaan proyek. Kurva S nilai aktualisasi pengerjaan proyek sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Nilai BCWP Bulan September 2015

Pada Gambar 4.5 menunjukkan *progress* pengerjaan proyek terhadap anggaran sesuai *progress* yang dikerjakan pada proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab divisi *pekerjaan hydro mechanical*. Nilai anggaran pada periode ke-23 sampai periode ke-33 pada Gambar 4.5 menunjukkan garis lurus yang berarti bahwa nilai anggaran selama periode tersebut adalah sama. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada periode

24 sampai periode ke-33, proyek sempat mengalami perhentian sementara dan progress proyek tidak bertambah. Pada periode ke-34 mengalami kenaikan nilai anggaran dikarenakan pada periode tersebut proyek mulai dikerjakan kembali oleh PT. XYZ sehingga *progress* proyek bertambah.

4.3.3 Perhitungan *Actual Cost Work Schedule* (ACWP)

Nilai *Actual Cost Work Schedule* (ACWP) adalah jumlah biaya aktual yang dikeluarkan pada pengerjaan proyek. Data aktualisasi pengerjaan proyek sampai periode ke-59 atau bulan September 2015 didapatkan dari laporan pengerjaan proyek PT. XYZ. Rincian data biaya aktual proyek sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Lampiran 7.

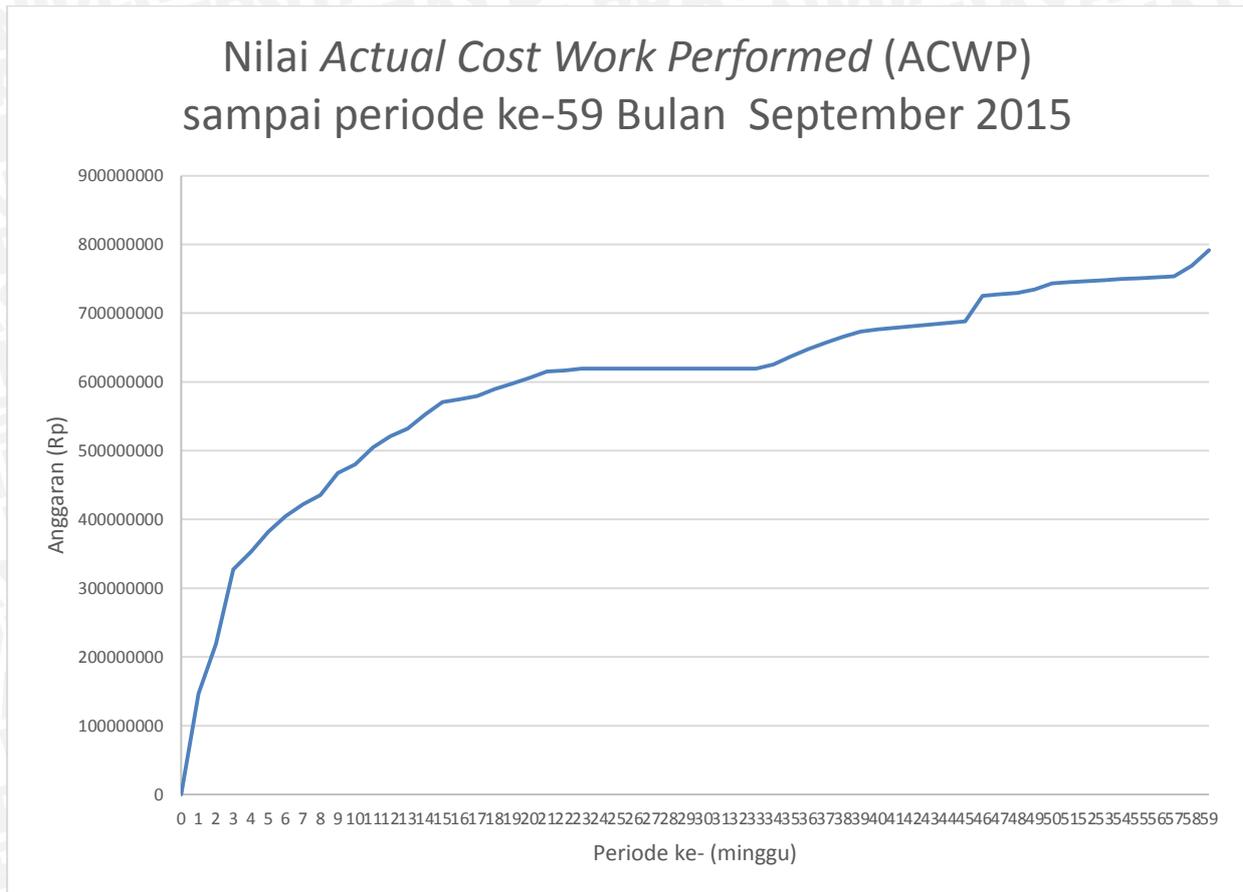
Untuk mendapatkan nilai ACWP, dapat dilakukan dengan perhitungan total keseluruhan pengeluaran atau total biaya pengerjaan proyek sampai periode ke-59. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan seluruh biaya sub aktivitas untuk mendapatkan total biaya keseluruhan. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai ACWP sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{ACWP} &= \text{Biaya Material} + \text{Biaya Upah} \\ &= \text{Rp } 57,525,000.00 + 26,058,333.33 \\ &= \text{Rp } 83,583,333.00 \end{aligned}$$

Setelah menghitung nilai ACWP pada tiap aktivitas, kemudian menghitung bobot ACWP tiap aktivitas. Berikut merupakan contoh perhitungan bobot ACWP untuk sub aktivitas mobilisasi demobilisasi peralatan dan tenaga kerja pada periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{Bobot ACWP} &= \frac{\text{nilai ACWP mob demob periode ke-59}}{\sum \text{Total nilai ACWP periode ke-59}} \times 100\% \\ &= \frac{83,583,333.00}{791,755,200.00} \times 100\% \\ &= 10.557\% \end{aligned}$$

Rincian perhitungan biaya pengerjaan per aktivitas dan keseluruhan ditunjukkan pada Lampiran 6. Jumlah nilai *Actual Cost Work Schedule* (ACWP) sampai periode ke-59 adalah Rp 791,755,199.00. Setelah didapatkan nilai ACWP sampai periode ke-59, dilakukan pembuatan kurva S biaya aktual pengerjaan proyek. Kurva S biaya aktual pengerjaan proyek sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Nilai ACWP Bulan September 2015

Pada Gambar 4.6 ditunjukkan bahwa biaya aktual yang dikeluarkan untuk proyek sampai periode ke-59 mencapai Rp 791,755,200.00. Biaya aktual pada periode ke-23 sampai periode ke-33 pada Gambar 4.6 menunjukkan garis lurus yang berarti bahwa tidak ada biaya yang dikeluarkan untuk proyek selama periode tersebut sehubungan dengan pemberhentian proyek sementara.

4.3.4 Perhitungan Variansi Biaya dan Jadwal

Perhitungan variansi dilakukan untuk mengetahui ada perbedaan antara nilai estimasi dan nilai aktual. Pada penelitian ini dilakukan dua perhitungan variansi, yaitu variansi biaya (*cost variance*) dan variansi jadwal (*schedule variance*). Berikut merupakan contoh perhitungan variansi biaya dan jadwal pada periode ke-1.

$$\text{Nilai BCWS}^{1\text{st}} = \text{Rp } 156,274,615.38$$

$$\text{Nilai BCWP}^{1\text{st}} = \text{Rp } 145,686,230.77$$

$$\text{Nilai ACWP}^{1\text{st}} = \text{Rp } 146,607,692.00$$

$$\begin{aligned} \text{Cost Variance (CV)}^{1\text{st}} &= \text{BCWP}^{1\text{st}} - \text{ACWP}^{1\text{st}} \\ &= \text{Rp } 145,686,230.77 - \text{Rp } 146,607,692.00 \\ &= - \text{Rp } 921,461.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Schedule Variance (SV)}^{1st} &= \text{BCWP}^{1st} - \text{BCWS}^{1st} \\
 &= \text{Rp } 145,686,230.77 - \text{Rp } 156,274,615.38 \\
 &= - \text{Rp } 10,588,384.62
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan variansi biaya dan variansi jadwal selama 59 periode pengerjaan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Variansi Biaya dan Jadwal

Periode	CV (Rp)	SV (Rp)	Periode	CV (Rp)	SV (Rp)
1	-921,461.23	-10,588,384.62	31	67,633.96	-390,011,128.04
2	-1,128,751.39	-136,498,189.89	32	67,633.96	-404,147,267.69
3	-1,403,127.64	-96,494,261.76	33	67,633.96	-410,506,005.31
4	-1,541,673.21	-96,505,680.87	34	-3,028,791.75	-419,296,389.22
5	-1,680,216.63	-144,433,811.68	35	-4,236,477.49	-418,716,677.56
6	-1,779,175.28	-147,752,325.68	36	-4,389,494.55	-416,542,303.19
7	-1,843,950.76	-167,960,265.48	37	-4,517,008.11	-417,826,892.30
8	-1,944,722.25	-191,134,680.38	38	-4,644,521.66	-413,181,118.56
9	-2,045,495.20	-172,786,725.10	39	-6,035,560.15	-411,674,013.41
10	-2,171,460.75	-182,230,445.35	40	-5,647,619.72	-411,939,647.96
11	-2,387,238.54	-197,712,790.43	41	-5,606,664.40	-413,082,642.51
12	-2,784,862.54	-187,156,726.57	42	-4,565,710.08	-413,120,481.19
13	-2,880,222.73	-180,759,463.90	43	-4,024,754.76	-417,508,319.87
14	-2,919,238.75	-165,590,660.31	44	-2,483,799.43	-422,071,158.55
15	-2,963,827.09	-152,487,707.19	45	-1,442,845.11	-418,733,997.23
16	-3,002,844.10	-152,737,010.84	46	-20,011,390.79	-399,856,335.91
17	-3,123,244.02	-153,405,401.76	47	-18,970,435.47	-396,519,174.59
18	-3,406,209.93	-147,570,193.56	48	-17,682,267.97	-393,564,684.09
19	-3,619,040.09	-142,192,294.62	49	-20,025,984.29	-390,643,642.40
20	-3,868,460.71	-136,386,634.13	50	-24,306,358.20	-386,123,643.32
21	-3,893,696.63	-161,412,746.79	51	-22,948,703.02	-382,854,294.14
22	-1,404,744.55	-161,101,283.50	52	-22,170,913.12	-380,653,848.24
23	67,633.96	-160,842,931.79	53	-21,316,735.09	-378,465,930.20
24	67,633.96	-163,975,905.66	54	-20,653,527.38	-376,246,692.50
25	67,633.96	-174,944,207.96	55	-19,799,349.35	-374,058,774.47
26	67,633.96	-256,573,051.31	56	-18,445,171.32	-371,370,856.44
27	67,633.96	-302,303,416.44	57	-17,590,992.29	-369,182,938.40
28	67,633.96	-345,635,702.86	58	-30,151,627.65	-366,704,106.77
29	67,633.96	-364,699,770.61	59	-33,974,981.73	-347,524,391.85
30	67,633.96	-372,871,138.01			

Berdasarkan hasil perhitungan variansi biaya dan variansi jadwal pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai CV dan SV dari periode 1 sampai periode 22 dan periode 34 sampai periode 59 menunjukkan nilai negatif. Nilai negatif ini memiliki arti bahwa pekerjaan tersebut mengalami keterlambatan (*schedule underrun*) dan menelan biaya lebih tinggi dari anggaran (*cost overrun*). Untuk periode 23 sampai periode 33 memiliki nilai *cost variance* positif yang berarti proyek mengalami *cost underrun*, yaitu pengerjaan proyek membutuhkan biaya yang lebih kecil daripada anggaran biaya yang telah ditentukan. Untuk nilai *schedule variance* bernilai negatif menunjukkan *schedule underrun* atau terjadi keterlambatan proyek.

4.3.5 Perhitungan Indeks Performansi Jadwal dan Biaya

Perhitungan indeks performansi dilakukan untuk mengetahui efisiensi penggunaan sumber daya pada suatu proyek. Pada penelitian ini dilakukan dua perhitungan indeks performansi, yaitu indeks performansi biaya dan indeks performansi jadwal. Berikut merupakan contoh perhitungan indeks performansi biaya dan jadwal pada periode ke-1.

$$\text{Nilai BCWS}^{1\text{st}} = \text{Rp } 156,274,615.38$$

$$\text{Nilai BCWP}^{1\text{st}} = \text{Rp } 145,686,230.77$$

$$\text{Nilai ACWP}^{1\text{st}} = \text{Rp } 146,607,692.00$$

$$\begin{aligned} \text{CPI}^{1\text{st}} &= \text{BCWP}^{1\text{st}} / \text{ACWP}^{1\text{st}} \\ &= \text{Rp } 145,686,230.77 / \text{Rp } 146,607,692.00 \\ &= 0.994 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPI}^{1\text{st}} &= \text{BCWP}^{1\text{st}} / \text{BCWS}^{1\text{st}} \\ &= \text{Rp } 145,686,230.77 / \text{Rp } 156,274,615.38 \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan kinerja biaya dan jadwal selama 59 periode pengerjaan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Indeks Performansi Biaya dan Jadwal

Periode	CPI	SPI	Periode	CPI	SPI	Periode	CPI	SPI	Periode	CPI	SPI
1	0.994	0.932	16	0.995	0.789	31	1.0001	0.614	46	0.972	0.638
2	0.995	0.614	17	0.995	0.790	32	1.0001	0.605	47	0.974	0.641
3	0.996	0.772	18	0.994	0.799	33	1.0001	0.601	48	0.976	0.644
4	0.996	0.785	19	0.994	0.807	34	0.995	0.598	49	0.973	0.647
5	0.996	0.725	20	0.994	0.815	35	0.993	0.602	50	0.967	0.651
6	0.996	0.732	21	0.994	0.791	36	0.993	0.607	51	0.969	0.654
7	0.996	0.714	22	0.998	0.793	37	0.993	0.610	52	0.970	0.656
8	0.996	0.694	23	1.0001	0.794	38	0.993	0.615	53	0.972	0.658
9	0.996	0.729	24	1.0001	0.791	39	0.991	0.619	54	0.972	0.660
10	0.995	0.724	25	1.0001	0.780	40	0.992	0.620	55	0.974	0.662
11	0.995	0.718	26	1.0001	0.707	41	0.992	0.620	56	0.975	0.664
12	0.995	0.735	27	1.0001	0.672	42	0.993	0.621	57	0.977	0.666
13	0.995	0.745	28	1.0001	0.642	43	0.994	0.619	58	0.961	0.668
14	0.995	0.768	29	1.0001	0.629	44	0.996	0.618	59	0.957	0.686
15	0.995	0.788	30	1.0001	0.624	45	0.998	0.621			

Berdasarkan perhitungan kinerja biaya dan jadwal pada Tabel 4.4, diketahui bahwa nilai CPI dan SPI pada periode 1 sampai periode 22 dan periode 34 sampai periode 59 memiliki nilai dibawah 1. Nilai CPI yang menunjukkan kurang dari 1 berarti pembiayaan aktual lebih besar dari rencana anggaran (*cost overrun*). Nilai SPI yang menunjukkan kurang dari 1 berarti progres aktual lebih lama dari rencana atau terjadi keterlambatan proyek terhadap rencana (*schedule underrun*). Untuk periode 23 sampai periode 33 memiliki nilai CPI lebih dari 1 yang berarti biaya aktual yang dikeluarkan lebih kecil dari biaya yang dianggarkan (*cost underrun*). Namun untuk nilai SPI menunjukkan kurang dari 1, yang berarti terjadi keterlambatan proyek terhadap rencana (*schedule underrun*).

4.4 Analisis Varian dan Kinerja Proyek

Perhitungan nilai ketiga indikator *earned value*, yaitu *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS), *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP), dan *Actual Cost Work Performed* (ACWP) pada tiap periode yang telah dihitung kemudian dilakukan rekapitulasi ketiga indikator. Dengan adanya rekapitulasi memudahkan pengguna dalam memonitoring status proyek pada tiap periodenya berdasarkan ketiga indikator *earned value*. Untuk mengetahui performansi waktu dapat digunakan berdasarkan selisih nilai BCWS dan nilai BCWP pada tiap periodenya. Untuk mengetahui performansi biaya dapat digunakan berdasarkan selisih nilai BCWP dan nilai ACWP pada tiap periodenya. Rekapitulasi hasil perhitungan ketiga indikator selama 59 periode pengerjaan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Pada Tabel 4.5 menunjukkan pada periode ke-59 diperoleh hasil nilai BCWS sebesar Rp 1,105,304,609.11, nilai BCWP sebesar Rp 757,780,217.27 dan nilai ACWP sebesar Rp 791,755,199.00. Pada periode ke-44 sampai periode ke-59 memiliki nilai BCWS yang sama dikarenakan proyek tersebut direncanakan selesai pada periode ke-44. Namun dapat dilihat pada nilai BCWP dan nilai ACWP periode ke-59 yang menunjukkan proyek tersebut belum selesai dikerjakan atau terjadi keterlambatan proyek. Laporan status tiap aktivitas pada tiap periode dapat dilihat pada Lampiran 8.

Berdasarkan data pada Tabel 4.5, dibuat grafik hubungan antara nilai BCWS, BCWP dan ACWP yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai Kumulatif BCWS, BCWP dan ACWP

Periode ke-	Progress Proyek (%)	BCWS (Rp)	BCWP (Rp)	ACWP (Rp)
1	13.18	156,274,615.38	145,686,230.77	146,607,692.00
2	19.68	353,988,210.51	217,490,020.61	218,618,772.00
3	29.50	422,578,918.12	326,084,656.36	327,487,784.00
4	31.80	448,001,353.66	351,495,672.79	353,037,346.00
5	34.40	524,704,715.05	380,270,903.37	381,951,120.00
6	36.47	550,817,292.39	403,064,966.72	404,844,142.00
7	38.03	588,295,316.71	420,335,051.24	422,179,002.00
8	39.24	624,829,319.12	433,694,638.75	435,639,361.00
9	42.11	638,284,631.90	465,497,906.80	467,543,402.00
10	43.26	660,385,478.60	478,155,033.25	480,326,494.00
11	45.44	699,933,272.88	502,220,482.46	504,607,721.00
12	46.87	705,184,000.03	518,027,273.46	520,812,136.00
13	47.90	710,184,727.17	529,425,263.27	532,305,486.00
14	49.73	715,288,450.57	549,697,790.25	552,617,029.00
15	51.38	720,350,386.10	567,862,678.91	570,826,506.00
16	51.73	724,543,894.73	571,806,883.90	574,809,728.00
17	52.14	729,718,243.74	576,312,841.98	579,436,086.00
18	53.03	733,662,413.64	586,092,220.07	589,498,430.00
19	53.73	736,106,583.53	593,914,288.91	597,533,329.00
20	54.48	738,550,753.42	602,164,119.29	606,032,580.00
21	55.31	772,724,292.16	611,311,545.37	615,205,242.00
22	55.45	776,447,185.95	615,345,902.45	616,750,647.00
23	55.49	780,170,079.75	619,327,147.96	619,259,514.00
24	55.49	783,303,053.61	619,327,147.96	619,259,514.00
25	55.49	794,271,355.92	619,327,147.96	619,259,514.00
26	55.49	875,900,199.27	619,327,147.96	619,259,514.00
27	55.49	921,630,564.39	619,327,147.96	619,259,514.00
28	55.49	964,962,850.82	619,327,147.96	619,259,514.00
29	55.49	984,026,918.57	619,327,147.96	619,259,514.00
30	55.49	992,198,285.96	619,327,147.96	619,259,514.00
31	55.49	1,009,338,276.00	619,327,147.96	619,259,514.00
32	55.49	1,023,474,415.65	619,327,147.96	619,259,514.00
33	55.49	1,029,833,153.27	619,327,147.96	619,259,514.00
34	56.23	1,041,765,685.48	622,469,296.25	625,498,088.00
35	57.40	1,051,638,150.07	632,921,472.51	637,157,950.00
36	58.37	1,060,105,192.63	643,562,889.45	647,952,384.00
37	59.17	1,070,257,629.19	652,430,736.89	656,947,745.00
38	59.97	1,074,479,702.90	661,298,584.34	665,943,106.00
39	60.51	1,079,109,270.26	667,435,256.85	673,470,817.00
40	60.53	1,082,824,453.24	670,884,805.28	676,532,425.00
41	60.54	1,086,304,609.11	673,221,966.60	678,828,631.00
42	60.56	1,089,679,609.11	676,559,127.92	681,124,838.00
43	60.65	1,096,904,609.11	679,396,289.24	683,421,044.00
44	60.68	1,105,304,609.11	683,233,450.57	685,717,250.00
45	60.72	1,105,304,609.11	686,570,611.89	688,013,457.00
46	63.82	1,105,304,609.11	705,448,273.21	725,459,664.00
47	63.85	1,105,304,609.11	708,785,434.53	727,755,870.00
48	63.94	1,105,304,609.11	711,739,925.03	729,422,193.00
49	64.39	1,105,304,609.11	714,660,966.71	734,686,951.00
50	65.07	1,105,304,609.11	719,180,965.80	743,487,324.00
51	65.09	1,105,304,609.11	722,450,314.98	745,399,018.00
52	65.11	1,105,304,609.11	724,650,760.88	746,821,674.00
53	65.13	1,105,304,609.11	726,838,678.91	748,155,414.00
54	65.15	1,105,304,609.11	729,057,916.62	749,711,444.00
55	65.16	1,105,304,609.11	731,245,834.65	751,045,184.00
56	65.18	1,105,304,609.11	733,933,752.68	752,378,924.00
57	65.20	1,105,304,609.11	736,121,670.71	753,712,663.00
58	66.51	1,105,304,609.11	738,600,502.35	768,752,130.00
59	68.56	1,105,304,609.11	757,780,217.27	791,755,199.00





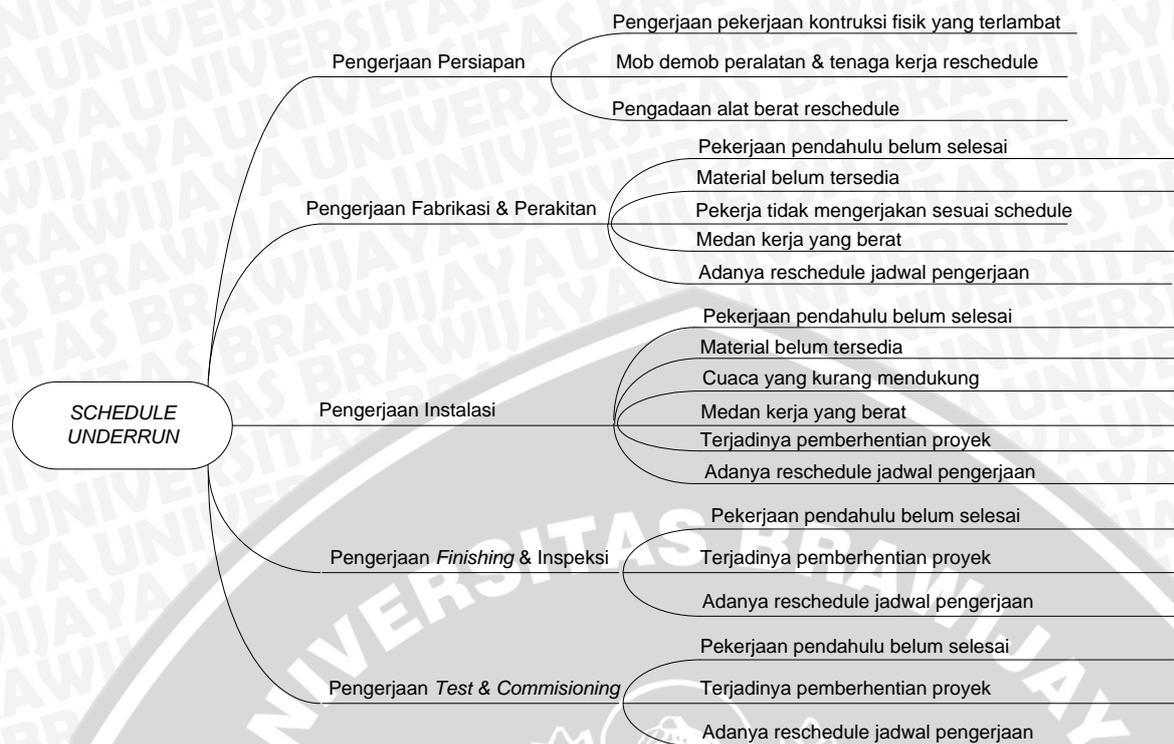
Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bagaimana kemajuan ketiga indikator selama 59 periode. Garis BCWS menunjukkan nilai anggaran konstan setelah periode ke-44. Hal tersebut dikarenakan rencana proyek selesai pada minggu ke-44, namun realitanya sampai pada minggu ke-59 proyek masih belum selesai dengan ditunjukkannya garis BCWP yang menunjukkan jauh berada dibawah garis BCWS. Hal tersebut menunjukkan terjadinya variasi jadwal yang berupa keterlambatan (*schedule underrun*) pada pelaksanaan proyek tersebut.

Sedangkan garis BCWP yang berada dibawah garis ACWP untuk di akhir periode, menunjukkan biaya yang dikeluarkan untuk progress yang terjadi lebih besar daripada yang anggaran yang direncanakan sebelumnya. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pada proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* sampai pada periode 1 sampai periode 22 dan periode 34 sampai periode 59 mengalami ketidaksesuaian kinerja biaya berupa *cost overrun*. Namun pada periode 23 sampai periode 33 mengalami ketidaksesuaian kinerja biaya berupa *cost underrun*.

Terjadinya ketidaksesuaian jadwal dan biaya antara rencana dengan aktualnya, memerlukan analisis penyebab ketidaksesuaian yang terjadi dengan menggunakan *tree diagram*. Data yang digunakan dalam penyusunan *tree diagram* penyebab ketidaksesuaian jadwal dan biaya didapatkan dengan wawancara langsung pada *site manager* PT. XYZ pada proyek terkait. Penyebab ketidaksesuaian dianalisa untuk kelima aktivitas kerja yang ada pada proyek.

4.4.1 Analisis *Schedule Underrun*

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.4 sebelumnya dapat diketahui bahwa pada periode ke-1 sampai periode ke-59 mengalami *schedule underrun* dengan diperolehnya nilai $SPI < 1$ seperti pada Tabel 4.4. Pada penelitian ini digunakan *tree diagram* untuk mengetahui akar penyebab masalah dari *schedule underrun* dalam proyek. *Tree diagram* serta analisis masing-masing penyebab untuk permasalahan yang terjadi untuk *schedule underrun* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tree Diagram Schedule Underrun

Schedule underrun terjadi pada semua aktivitas kerja dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical*. Berikut merupakan penjelasan dari penyebab keterlambatan proyek (*schedule underrun*).

1. Aktivitas Persiapan

Pada aktivitas persiapan yang terdiri dari mobilsasi demobilisasi peralatan & tenaga kerja dan pengadaan alat berat, terjadi keterlambatan pengerjaan. Penyebab terjadinya keterlambatan aktivitas persiapan adalah sebagai berikut.

a. Pengerjaan pekerjaan konstruksi fisik yang terlambat

Pekerjaan konstruksi fisik yang dikerjakan oleh kontraktor lain mengalami keterlambatan. Sehingga mempengaruhi dimulainya dan proses pengerjaan pada aktivitas persiapan yang dikerjakan oleh PT. XYZ.

b. Mobilisasi demobilisasi peralatan & tenaga kerja *reschedule*

Keterlambatan pada konstruksi fisik mengakibatkan dimulainya subaktivitas mobilisasi dan demobilisasi peralatan & tenaga kerja menjadi *reschedule*. Pada rencana awal durasi penyelesaian sub aktivitas ini adalah 10 hari. Saat berjalannya proyek, sub aktivitas ini mengalami *progress* yang lama seiring dengan *progress* proyek yang lambat. Semisal membutuhkan peralatan lain untuk aktivitas proyek yang belum tersedia saat itu.

c. Pengadaan alat berat *reschedule*

Dampak lain dari keterlambatan pada konstruksi fisik adalah pengadaan alat berat *reschedule*. Pada rencana awal durasi penyelesaian sub aktivitas ini adalah 13 hari. Namun dikarenakan terhalang oleh pekerjaan konstruksi fisik yang sedang berlangsung, pengadaan alat berat menyesuaikan kebutuhan progress pekerjaan *hydro mechanical* yang akan berlangsung.

2. Aktivitas Fabrikasi dan Perakitan

Pada aktivitas fabrikasi dan perakitan yang terdiri dari perakitan *closure gate* 3200L (II-a), perakitan *closure gate* 3000L (II-b), fabrikasi *temporary hoist frame* (III-c), dan fabrikasi *penstock pipe* OP1-OP54 (III-e) terjadi keterlambatan pengerjaan. Penyebab terjadinya keterlambatan aktivitas fabrikasi dan perakitan adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Pendahulu Belum Selesai

Pengerjaan aktivitas persiapan yang belum selesai, menyebabkan mulainya aktivitas fabrikasi dan perakitan mengalami keterlambatan.

b. Material Belum Tersedia

Pengerjaan sub aktivitas mobilisasi dan demobilisasi yang terlambat menyebabkan material yang akan dikerjakan pada aktivitas ini belum tersedia di lapangan.

c. Pekerja Tidak Mengerjakan Sesuai *Schedule* dan Medan Kerja yang Berat

Pekerja tidak mengerjakan pekerjaan sesuai durasi yang direncanakan di awal dikarenakan medan kerja yang berat. Lokasi proyek pembangunan PLTMH berada di sungai antara dua gunung yang kemudian dibendung dan menyebabkan susahnyanya dalam pengerjaan. Hal lain dampak dari medan berat adalah terjadinya ketidaksesuaian desain pekerjaan yang dibuat dengan kondisi fisik di lapangan dan menyebabkan pekerja tidak mengerjakan sesuai jadwal yang direncanakan.

d. Adanya *Reschedule* Jadwal Pengerjaan

Terjadinya keterlambatan aktivitas sebelumnya berdampak pada terjadinya *reschedule* pada aktivitas ini. Perencanaan durasi aktivitas II-a selama 5 hari, aktivitas II-b selama 5 hari, aktivitas II-c selama 6 hari, dan aktivitas II-d selama 40 hari. Pada rencana awal, aktivitas ini mulai dikerjakan pada awal minggu ke-2. Namun secara aktual, pengerjaan aktivitas fabrikasi dan perakitan dikerjakan mulai akhir periode ke-2 sampai periode ke-13. Pengerjaan yang memiliki selisih terbesar dalam pengerjaan antara rencana dengan aktual adalah aktivitas II-d.

3. Aktivitas Instalasi

Pada aktivitas instalasi yang terdiri dari instalasi *temporary hoist frame* B3200 (III-a), instalasi *hoist frame* B3000 (III-b), pengecatan *penstock pipe* (III-c), instalasi *temporary support penstock pipe* (III-d), instalasi *penstock pipe* (III-e), instalasi *monorail hoist* (III-f), Instalasi *water supply* (III-g), instalasi *blower fan* (III-h), dan instalasi *trashboom* (III-i), mengalami keterlambatan pengerjaan. Penyebab terjadinya keterlambatan aktivitas instalasi adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Pendahulu Belum Selesai

Pengerjaan aktivitas fabrikasi dan perakitan yang belum selesai, menyebabkan mulainya aktivitas instalasi mengalami keterlambatan. Hal tersebut dikarenakan material yang akan dilakukan instalasi adalah material yang berasal dari fabrikasi dan perakitan.

b. Material Belum Tersedia

Pengerjaan aktivitas fabrikasi dan perakitan yang terlambat menyebabkan material yang akan dikerjakan pada aktivitas ini belum tersedia di lapangan. Sehingga aktivitas belum dapat dikerjakan.

c. Cuaca yang Kurang Mendukung

Aktivitas instalasi berlangsung pada bulan-bulan musim penghujan. Ketika hujan berlangsung, proyek tidak berjalan dikarenakan lokasi proyek yang berada di sungai.

d. Medan Kerja yang Berat

Lokasi aktivitas instalasi berada di lorong-lorong bawah bendungan merupakan medan kerja yang berat karena berhubungan dengan saluran air bendungan. Sehingga dalam pengerjaan secara aktual lebih lama dari yang direncanakan.

e. Terjadinya Pemberhentian Proyek

Proyek sempat terhenti pada periode ke-24 sampai periode ke-33 dikarenakan kehabisan dana. Pada periode tersebut, aktivitas yang sedang dikerjakan adalah aktivitas instalasi. Pemberhentian tersebut menyebabkan aktivitas ini mengalami keterlambatan dan semakin lamanya penyelesaian pengerjaan proyek.

f. Adanya *Reschedule* Jadwal Pengerjaan

Reschedule aktivitas-aktivitas sebelumnya menyebabkan aktivitas instalasi mengalami *reschedule*. Aktivitas ini direncanakan pengerjaannya mulai periode ke-5 hingga periode ke-40. Namun dalam pengerjaan secara aktual dikerjakan mulai periode ke-7 hingga akhir periode ke-59 terdapat sub aktivitas yang masih belum

selesai, yaitu sub aktivitas III-e, sub aktivitas III-f, sub aktivitas III-g, sub aktivitas III-h, dan sub aktivitas III-i.

4. Aktivitas *Finishing* dan Inspeksi

Pada aktivitas *finishing* dan inspeksi mengalami keterlambatan pengerjaan. Penyebab terjadinya keterlambatan aktivitas *finishing* dan inspeksi adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Pendahulu Belum Selesai

Pengerjaan aktivitas-aktivitas sebelumnya yang mengalami keterlambatan menyebabkan aktivitas *finishing* dan inspeksi tidak dapat dilakukan.

b. Terjadinya Pemberhentian Proyek

Proyek yang sempat terhenti menyebabkan aktivitas ini mengalami keterlambatan dan semakin lamanya penyelesaian pengerjaan proyek. Sehingga aktivitas selanjutnya harus menunggu aktivitas pendahulu selesai.

c. Adanya *Reschedule* Jadwal Pengerjaan

Reschedule aktivitas-aktivitas sebelumnya menyebabkan aktivitas *finishing* dan inspeksi mengalami *reschedule*.

5. Aktivitas *Test* dan *Commisioning*

Pada aktivitas *test* dan *commisioning* mengalami keterlambatan pengerjaan. Penyebab terjadinya keterlambatan aktivitas *test* dan *commisioning* adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Pendahulu Belum Selesai

Pengerjaan aktivitas-aktivitas sebelumnya yang mengalami keterlambatan menyebabkan aktivitas *test* dan *commisioning* tidak dapat dilakukan. Sehingga menunggu aktivitas pendahulu selesai dikerjakan.

b. Terjadinya Pemberhentian Proyek

Proyek yang sempat terhenti menyebabkan aktivitas terakhir ini mengalami keterlambatan dan penyelesaian pengerjaan proyek semakin lama.

c. Adanya *Reschedule* Jadwal Pengerjaan

Reschedule aktivitas-aktivitas sebelumnya menyebabkan aktivitas *test* dan *commisioning* pun mengalami *reschedule*. Aktivitas *test* dan *commisioning* direncanakan dikerjakan selama 10 hari kerja sejak periode ke-43 sampai akhir periode ke-44. Namun dalam pengerjaan secara aktual pada periode ke-59 aktivitas *test* dan *commisioning* masih belum dikerjakan karena aktivitas sebelumnya masih dalam pengerjaan.

4.4.2 Analisis Cost Overrun

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.4 sebelumnya dapat diketahui bahwa pada periode periode 1 sampai periode 22 dan periode 34 sampai periode 59 mengalami *cost overrun* dengan diperolehnya nilai SPI < 1 seperti pada Tabel 4.4. *Tree diagram* penyebab terjadinya *cost overrun* dari pengerjaan proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tree Diagram Cost Overrun

Cost overrun terjadi pada aktivitas kerja persiapan, fabrikasi & perakitan, dan instalasi dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical*. Berikut merupakan penjelasan dari penyebab biaya aktual lebih besar dari anggaran (*cost overrun*).

1. Aktivitas Persiapan

Pada aktivitas persiapan, sub aktivitas yang mengalami *cost overrun* adalah mob demob peralatan & tenaga kerja. Sub aktivitas ini pada periode ke-59 memiliki nilai BCWP sebesar Rp 79,797,500.00 dan nilai ACWP sebesar Rp 83,585,333.00. Penyebab terjadinya *cost overrun* pada aktivitas persiapan adalah sebagai berikut.

a. Harga Peralatan Kerja yang Lebih Tinggi

Cost overrun yang terjadi dikarenakan harga peralatan kerja yang lebih tinggi dari yang dianggarkan. Peralatan kerja yang mengalami kenaikan harga adalah sepatu *boot* yang dianggarkan dengan harga Rp 299,000.00/pasang sedangkan secara aktual dibeli dengan harga Rp 350,000.00/pasang. Peralatan lain yang mengalami kenaikan harga adalah alat bantu untuk persiapan material yang dianggarkan Rp 6,000,000.00 sedangkan secara aktual dibeli dengan harga Rp 7,520,000.00 dan air kerja yang dianggarkan Rp 4,000,000.00 sedangkan secara aktual dibeli dengan harga Rp 4,670,000.00.

b. Pengerjaan Aktivitas yang Lama dan Proyek Sempat Terhenti

Cost overrun yang terjadi dikarenakan pengerjaan aktivitas yang lama dan proyek sempat terhenti, sehingga konsumsi untuk peralatan kerja lebih besar. Proyek yang sempat terhenti ini juga mengakibatkan mobilisasi demobilisasi tenaga kerja dilakukan lebih banyak dari rencana, yaitu ketika pada periode ke-34, saat proyek mulai beroperasi kembali. Anggaran untuk sub aktivitas mobilisasi dan demobilisasi dianggarkan sebesar Rp 27,000,000.00 sedangkan secara aktual dikeluarkan sebesar Rp 32,250,000.00

2. Aktivitas Fabrikasi dan Perakitan

Pada aktivitas fabrikasi dan perakitan, semua sub aktivitas mengalami *cost overrun*. Sub aktivitas yang memiliki selisih tertinggi antara BCWP dengan ACWP adalah sub Aktivitas fabrikasi *penstock pipe* OP 1-OP 54 (II-d) dengan nilai BCWS sebesar Rp 5,824,500.00 dan nilai ACWP sebesar Rp 85,824,500.00. Penyebab terjadinya *cost overrun* pada aktivitas fabrikasi dan perakitan adalah sebagai berikut.

a. Harga Material yang Lebih Tinggi

Cost overrun yang terjadi dikarenakan harga material yang lebih tinggi dari yang dianggarkan. Pada aktivitas fabrikasi dan perakitan, sub aktivitas yang memiliki harga material lebih tinggi dari rencana adalah fabrikasi *penstock pipe* OP 1-OP 54. Pada rencana awal, biaya material dianggarkan sebesar Rp 11,641,711.33. Namun pada realisasinya biaya material yang dikeluarkan sebesar Rp 12,354,199.96. Hal tersebut terjadi dikarenakan harga material di pasar sedang mengalami kenaikan harga.

b. Pengerjaan Aktivitas yang Lama dan Upah Pekerja Lebih Tinggi

Pengerjaan aktivitas yang lama pada proyek ini menyebabkan alokasi dana untuk upah pekerja menjadi lebih tinggi dikarenakan upah pekerja bukan upah borongan namun upah harian.

3. Aktivitas Instalasi

Pada aktivitas instalasi, semua sub aktivitas mengalami *cost overrun*. Namun Sub aktivitas yang memiliki selisih tertinggi antara BCWP dengan ACWP adalah sub aktivitas instalasi *penstock pipe* OP 1-OP 54 (III-e) dengan nilai BWSC sebesar Rp 147,491,181.63 dan nilai ACWP sebesar Rp 149,239,413.00. Penyebab terjadinya *cost overrun* pada aktivitas instalasi adalah sebagai berikut.

a. Harga Material yang Lebih Tinggi

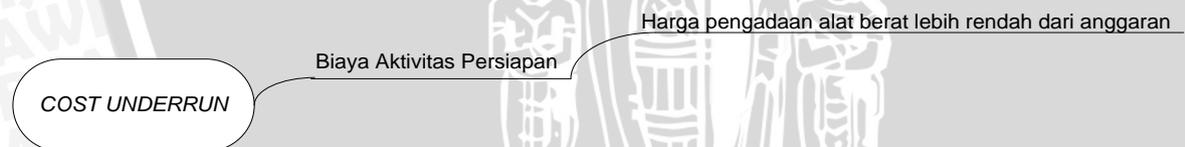
Cost overrun yang terjadi dikarenakan harga material yang lebih tinggi dari yang dianggarkan. Pada aktivitas instalasi, sub aktivitas yang memiliki harga material lebih tinggi dari rencana adalah instalasi *temporary support penstock pipe* (III-d). Pada rencana awal, biaya material dianggarkan sebesar Rp 3,285,912.27. Namun pada realisasi nya biaya material yang dikeluarkan sebesar Rp 4,042,996.27. Hal tersebut terjadi dikarenakan harga material di pasar sedang mengalami kenaikan harga.

b. Pengerjaan Aktivitas yang Lama, Proyek Sempat Terhenti dan Upah Pekerja Lebih Tinggi

Pengerjaan aktivitas yang lama pada proyek ini menyebabkan alokasi dana untuk upah pekerja menjadi lebih tinggi dikarenakan upah pekerja bukan upah borongan namun upah harian.

4.4.3 Analisis *Cost Underrun*

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.4 sebelumnya dapat diketahui bahwa pada periode 23 sampai periode 33 mengalami *cost underrun* dengan diperolehnya nilai SPI > 1 seperti pada Tabel 4.4. *Tree diagram* penyebab terjadinya *cost underrun* dari pengerjaan proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* sampai periode ke-59 ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 *Tree Diagram Cost Underrun*

Cost underrun terjadi pada sub aktivitas kerja persiapan yaitu sub aktivitas pengadaan alat berat dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical*. Berikut merupakan penjelasan dari penyebab biaya aktual lebih rendah dari anggaran (*cost underrun*).

1. Aktivitas Persiapan

Pada sub aktivitas pengadaan alat berat mengalami *cost overrun*. Sub aktivitas ini pada periode ke-59 memiliki nilai BCWP sebesar Rp 228,438,000.00 dan nilai ACWP sebesar Rp 225,400,000.00. Penyebab terjadinya *cost overrun* pada aktivitas persiapan adalah harga sewa mesin generator set kapasitas 80 kVA yang lebih rendah dari

anggaran. Harga sewa mesin generator dianggarkan sebesar Rp 110,000,000.00. Namun pada aktualnya, harga sewa mesin generator sebesar Rp 107,000,000.00.

4.4.4 Prediksi Biaya Penyelesaian Proyek

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis terhadap ketiga indikator nilai hasil, kemudian dilakukan perhitungan prediksi biaya penyelesaian proyek (*estimate at completion*) berdasarkan ketiga indikator nilai hasil. Perhitungan prediksi biaya penyelesaian proyek dilakukan dengan asumsi tidak ada perubahan aktivitas kerja dan nilai anggaran terhadap masing-masing aktivitas kerja dalam proyek. Perhitungan prediksi biaya penyelesaian proyek dilakukan dengan kondisi kinerja biaya sama dengan akhir periode ke-59 yaitu pada tanggal 27 September 2015. Sebelum dilakukan perhitungan biaya penyelesaian akhir proyek, dilakukan perhitungan biaya penyelesaian untuk pekerjaan tersisa (*estimate to complete*) dengan nilai total anggaran proyek sebesar Rp 1,105,304,609.11 (ditunjukkan pada Tabel 4.1) dan nilai BCWP sebesar Rp 757,780,217.27. Nilai CPI yang digunakan adalah nilai hitung indeks performansi biaya pada minggu ke-59 sebesar 0.957.

$$\begin{aligned} \text{ETC} &= \frac{(\text{Anggaran} - \text{BCWP})}{\text{CPI}} \\ &= \frac{(1.105.304.609,11 - 757,780,217.27)}{0.957} \\ &= \text{Rp } 327,637,836.06 \end{aligned}$$

Nilai prediksi biaya prediksi tersisa (*estimate to complete*) dari proyek didapatkan hasil Rp 327,637,836.06. Setelah didapatkan nilai ETC, dilakukan perhitungan nilai EAC (*estimate at completion*) dari proyek. Nilai ACWP yang digunakan adalah biaya aktual yang dikeluarkan pada akhir periode ke-59.

$$\begin{aligned} \text{EAC} &= \text{ACWP} + \text{ETC} \\ &= 791,755,199.00 + 327,637,836.06 \\ &= \text{Rp } 1,119,393,036.70 \end{aligned}$$

Nilai prediksi biaya penyelesaian akhir proyek (*estimate at completion*) dari proyek pembangunan PLTMH pekerjaan *hydro mechanical* adalah sebesar Rp 1,119,393,036.06.

4.4.5 Prediksi Waktu Penyelesaian Proyek

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa terhadap ketiga indicator nilai hasil kemudian dilakukan perhitungan waktu penyelesaian proyek (*time estimated*) berdasarkan ketiga

indicator nilai hasil dengan asumsi bahwa kecenderungan angka kinerja jadwal akan sama seperti pada pelaporan terakhir, yaitu periode ke-59 dengan nilai indeks performansi jadwal sebesar 0.686. Nilai ATE (*actual time expended*) adalah 375 hari (terhitung sejak 23 Juni 2014 – 27 September 2015). Berikut merupakan perhitungan prediksi waktu penyelesaian akhir proyek pembangunan PLTMH pekerjaan *hydro mechanical*.

$$\begin{aligned} TE &= \sum \text{total nilai TE tiap aktivitas (lampiran 10)} \\ &= 10.169 + 13.265 + \dots + 8 + 10 \\ &= 558 \text{ hari} \end{aligned}$$

Prediksi waktu penyelesaian akhir proyek pembangunan PLTMH pekerjaan *hydro mechanical* adalah selama 558 hari. Hasil prediksi waktu penyelesaian berdasarkan *earned value* menunjukkan total penyelesaian proyek selama 558 hari, sedangkan rencana penyelesaian proyek selama 261 hari. Keterlambatan penyelesaian proyek yang terjadi menyebabkan proyek tersebut membutuhkan untuk dilakukannya percepatan dalam penyelesaian sisa proyek yaitu dengan panjadwalan ulang sisa proyek.

4.5 Penjadwalan Ulang Sisa Proyek

Pada penelitian ini dilakukan penjadwalan ulang proyek akibat adanya ketidaksesuaian dalam pengerjaan proyek, baik dari pelaksanaan jadwal maupun penggunaan anggaran proyek. Penjadwalan proyek bertujuan untuk mendapatkan perencanaan jadwal pengerjaan proyek setelah dilakukannya analisa pelaksanaan proyek selama masa pelaporan sebelumnya. Maka, penjadwalan ulang proyek dalam penelitian ini adalah bentuk perencanaan anggaran dan jadwal dari aktivitas proyek yang tersisa dari objek penelitian, yaitu proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*”.

4.5.1 Data Aktivitas Proyek Tersisa

Setelah proses evaluasi proyek pada periode ke-59, diketahui bahwa dari kelima aktivitas pada proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*”, aktivitas yang memiliki indeks performansi waktu bernilai satu adalah aktivitas fabrikasi & perakitan saja. Sedangkan aktivitas persiapan, dan aktivitas instalasi sedang dikerjakan. Untuk aktivitas *finishing* & inspeksi dan *test & commissioning* belum dikerjakan dengan ditunjukkannya indeks performansi waktu bernilai 0 (Lampiran 9).

Berdasarkan informasi sisa aktivitas proyek, dilakukan perhitungan durasi dan anggaran untuk menyelesaikan sebuah aktivitas. Perhitungan durasi untuk penjadwalan sisa aktivitas proyek memperhitungkan indeks performansi waktu yang telah dihitung, karena diasumsikan pengerjaan sisa aktivitas proyek akan memiliki indeks performansi waktu yang sama dengan saat evaluasi proyek. Berikut merupakan contoh perhitungan durasi penyelesaian dan sisa anggaran untuk menyelesaikan sub aktivitas mob demob peralatan dan tenaga kerja pada aktivitas persiapan.

$$\begin{aligned} TE_{\text{mob demob}} &= ATE + \frac{[\text{OD (lampiran 2)} - (\text{ATE} \times \text{SPI (lampiran 9)})]}{\text{SPI}} \\ &= 10 + \frac{[10 - (10 \times 0.983)]}{0.983} \\ &= 10.1695 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa Anggaran}_{\text{mob demob}} &= \text{volume sisa pekerjaan (lampiran 11)} \times \text{anggaran} \\ &= 0.017 \times (\text{biaya material} + \text{biaya upah}) \\ &= 0.017 \times (\text{Rp } 58,500,00.00 + \text{Rp } 26,500,000.00) \\ &= \text{Rp } 1,417,000.00 \end{aligned}$$

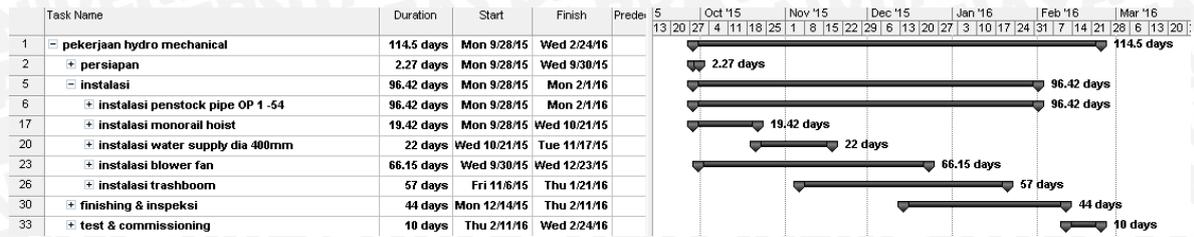
Rincian durasi aktivitas proyek dan anggaran biaya yang tersisa untuk masing-masing aktivitas proyek dapat dilihat pada Lampiran 10 dan Lampiran 11.

4.5.2 Penjadwalan Ulang Menggunakan *Critical Path Method* (CPM)

Penjadwalan ulang yang dilakukan dengan menggunakan jalur kritis bertujuan untuk mengetahui waktu penyelesaian proyek tercepat yang dapat dikerjakan. Sebelum perhitungan CPM dilakukan terlebih dahulu penjadwalan yang dilakukan dengan *ganttt chart* dengan bantuan *Microsoft Project*. Sebelum dilakukan pembuatan *ganttt chart* dilakukan rekapitulasi hubungan antar aktivitas tersisa yang ditunjukkan dengan Lampiran 12.

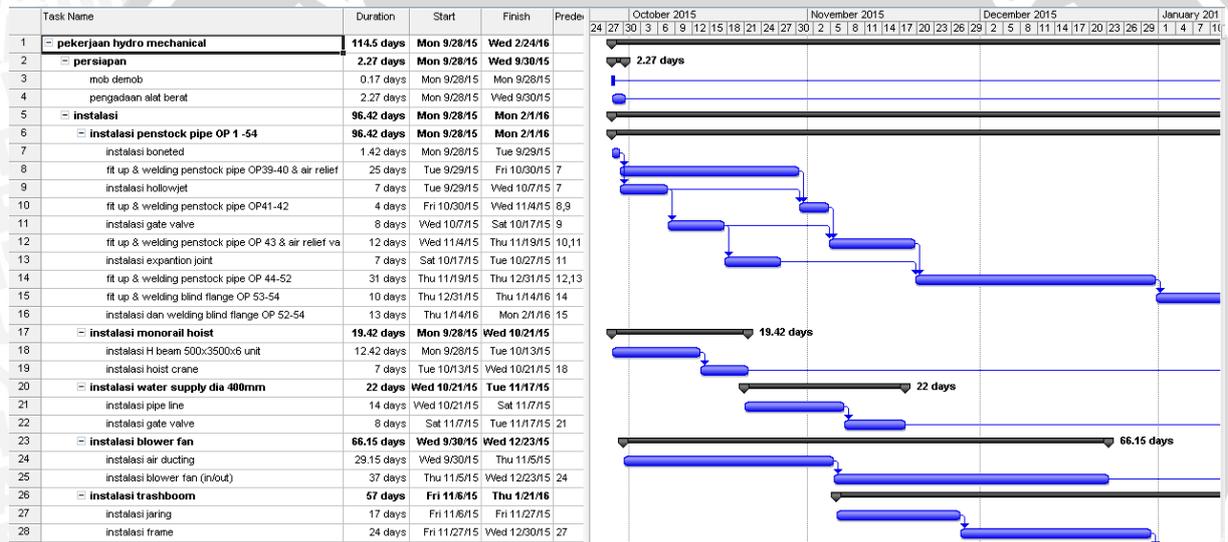
4.5.2.1 Pembuatan *Gantt Chart*

Pembuatan *ganttt chart* menggunakan data rincian durasi sisa aktivitas proyek (Lampiran 10) dan data hubungan antar aktivitas tersisa (Lampiran 12). Hasil pembuatan *ganttt chart* dengan bantuan *Microsoft Project* untuk sisa aktivitas kerja pada proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Gantt Chart Penjadwalan Sisa Aktivitas

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa keempat aktivitas berjalan secara parallel dan memiliki *start to start* (SS) yaitu hubungan antara dua tugas yang mana tugas tersebut dimulai pada waktu bersamaan. Untuk sub aktivitas ada yang terdapat hubungan *finish to start* yaitu hubungan antara dua tugas yang mana tugas pertama selesai dan pada saat itu tugas kedua dapat dimulai dan juga terdapat hubungan parallel dimana tidak ada ketergantungan antara aktivitas-aktivitas tersebut. Contoh jaringan kerja yang berjalan secara berurutan ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Contoh Pengerjaan Aktivitas Berurutan

Gambar 4.12 menunjukkan beberapa bagian dari *ganttt chart*. Tiap bagian sub aktivitas digambarkan dengan batang biru dan total sekelompok sub aktivitas digambarkan dengan batang hitam pada *ganttt chart*.

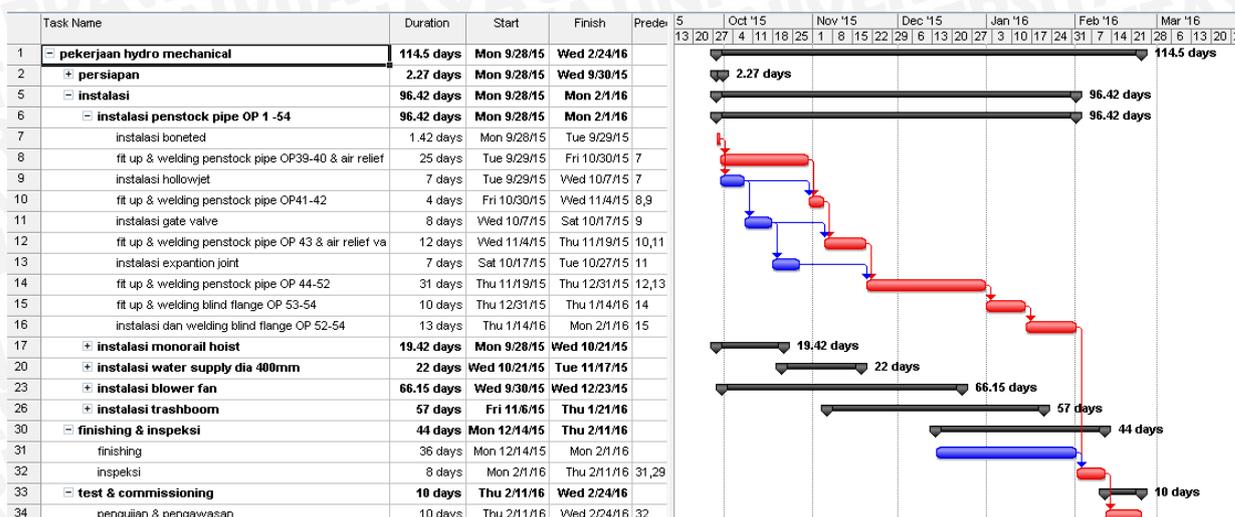
Pada Gambar 4.13 akan ditunjukkan *network diagram* dari sisa aktivitas yang dijadwalkan menggunakan CPM. Garis merah menunjukkan bahwa lintasan tersebut merupakan lintasan kritis pada jaringan proyek tersebut. Didapatkan hasil penjadwalan yang dilakukan adalah selama 114.24 hari.





4.5.2.2 Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path*)

Pada *ganttt chart* dalam *Microsoft Project*, aktivitas dengan *slack* sebesar 0 secara default digambarkan dengan batang berwarna merah. Jalur kritis pada penjadwalan ulang sisa aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Jalur Kritis CPM

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa sebagian sub aktivitas instalasi *penstock* OP 1 – OP 54, sub aktivitas *finishing* & inspeksi, dan aktivitas *test & commissioning* merupakan aktivitas-aktivitas kritis yang terdapat pada proyek. Durasi penyelesaian tercepat dapat dihitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Penyelesaian Proyek} &= \sum \text{Durasi aktivitas kritis} \\
 &= \sum 1.42 + 25 + 4 + 12 + 31 + 10 + 13 + 8 + 10 \\
 &= 114.42 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada proyek didapatkan waktu tercepat untuk penyelesaian proyek yaitu 115 hari kerja.

4.5.2.3 Penentuan Jumlah Pekerja

Dalam pengerjaan proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*”, diketahui bahwa jumlah pekerja yang dipekerjakan adalah 7 orang (tidak termasuk bagian administrasi, pengadaan material, keuangan, dan *site manager*). Pekerja yang dipekerjakan dibagi menjadi tiga bidang dengan jumlah masing-masing yaitu tukang 2 orang, *welder* 2 orang, dan *helper* 3 orang. Penempatan pekerja disesuaikan dengan keahlian dan aktivitas yang akan dikerjakan. Selama proyek berlangsung, kegiatan proyek dilakukan mulai dari pukul 08.00-12.00 dan

dimulai kembali pukul 13.00-17.00 untuk hari kerja Senin sampai Kamis. Untuk hari Jum'at proyek dimulai pukul 08.00-11.00 dan dimulai kembali pukul 13.00-17.00. Sedangkan pada hari Sabtu proyek berakhir pada jam 15.00. Pada Tabel 4.6 akan ditunjukkan kebutuhan pekerja pada tiap aktivitas proyek.

Tabel 4.6 Kebutuhan Pekerja Pada Sisa Aktivitas Proyek

	Aktivitas Kerja	Kebutuhan Pekerja
III-e	Instalasi <i>penstock pipe</i> OP 1 - OP 54	
1	Instalasi <i>Boneted</i>	2 tukang, 1 helper
2	Fit up dan <i>welding penstock pipe</i> OP 39 - OP 40 & <i>Air Relief valve</i>	1 welder, 1 helper
3	Instalasi <i>Hollowjet</i>	2 tukang, 1 helper
4	Fit up dan <i>welding penstock pipe</i> OP 41 - OP42	1 welder, 1 helper
5	Instalasi <i>gate valve</i>	2 tukang, 1 helper
6	Fit up dan <i>welding penstock pipe</i> OP 43 & <i>Air Relief valve</i>	1 welder, 1 helper
7	Instalasi <i>expansion joint</i>	2 tukang, 1 helper
8	Fit up dan <i>welding penstock pipe</i> OP 44- OP 52	1 welder, 1 helper
9	Fit up dan <i>welding penstock pipe</i> OP 53- OP 54	1 welder, 1 helper
10	Instalasi dan <i>welding blind flange</i> OP 52,54	1 welder, 2 helper
III-f	Instalasi <i>Monorail hoist capacity</i> 5 ton	
1	Instalasi <i>H beam</i> 500 x 3500 x 6 unit	1 tukang, 1 helper, 1 welder
2	Instalasi <i>hoist crane</i> 5 ton	1 tukang, 1 helper, 1 welder
III-g	Instalasi <i>Water Supply dia.</i> 400 mm	
1	Instalasi <i>pipe line</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
2	Instalasi <i>gate valve</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
III-h	Instalasi <i>Blower fan (in/out)</i>	
1	Instalasi <i>air ducting</i>	1 tukang, 1 helper, 1 welder
2	Instalasi <i>blower fan in/out</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
III-i	Instalasi <i>Trashboom</i>	
1	Instalasi <i>Jaring (Net)</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
2	Instalasi <i>Frame</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
3	Instalasi <i>Pelampung</i>	1 tukang, 1 welder, 1 helper
IV	<i>Finishing</i> dan <i>Inspeksi</i>	
1	<i>Finishing</i>	1 helper

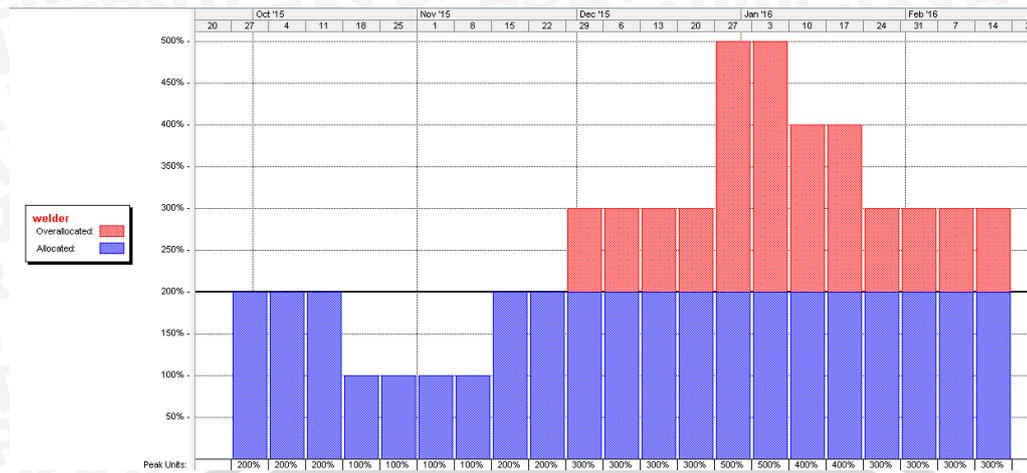
Pada Tabel 4.6 dapat dilihat kebutuhan pekerja pada sisa tiap aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*”. Untuk aktivitas persiapan dan *test & commissioning* tidak membutuhkan ketiga bidang pekerja tersebut, melainkan ditangani sendiri oleh pihak PT. XYZ.

4.5.2.4 Penjadwalan Tenaga Kerja

Setelah diketahui jumlah kebutuhan pekerja, dilakukan perhitungan total pekerja untuk setiap periode waktunya. Dengan bantuan *Microsoft Project* dibuat suatu grafik kebutuhan pekerja untuk setiap periode.

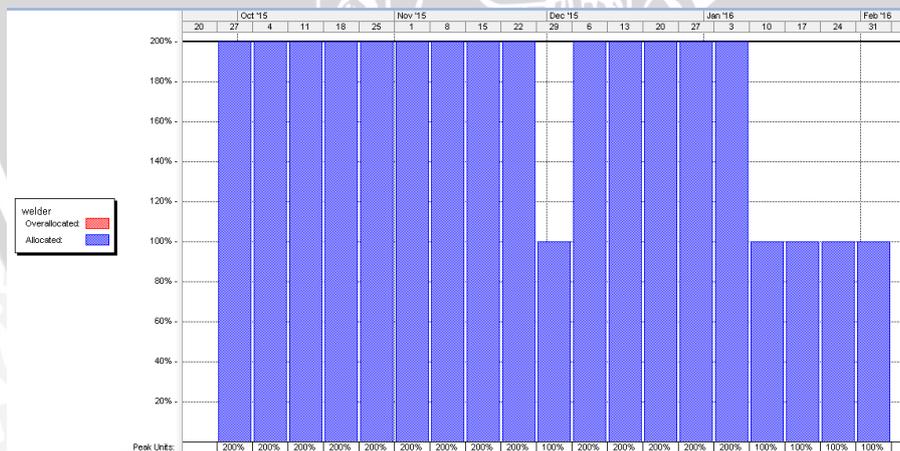
1. Pekerja *Welder*

Dalam penjadwalan tenaga kerja menggunakan *Microsoft Project*, untuk 100% mewakili 1 tenaga pekerja. Sehingga 200% mewakili 2 tenaga kerja dan begitu seterusnya. Kebutuhan pekerja *welder* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Kebutuhan Pekerja Welder

Berdasarkan pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pada tanggal 02 Desember 2015 sampai tanggal 17 Februari 2016 mengalami kelebihan alokasi pekerja welder dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Kelebihan terjadi bila pendelegasian tugas pada suatu sumber daya melebihi kemampuan untuk menyelesaikan tugas tersebut atau *overlocated*. Penjadwalan dengan kelebihan alokasi jumlah pekerja pada pekerja welder ini tidak dapat direalisasikan. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. *Resource levelling* dilakukan dengan cara menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.

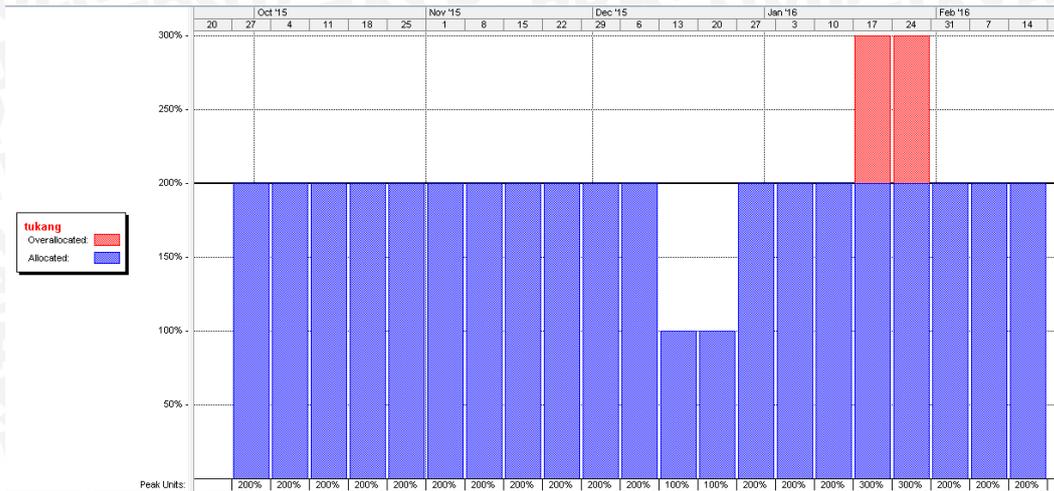


Gambar 4.16 Resource Levelling Pekerja Welder

Gambar 4.16 merupakan grafik kebutuhan pekerja welder setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.16 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja welder tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.

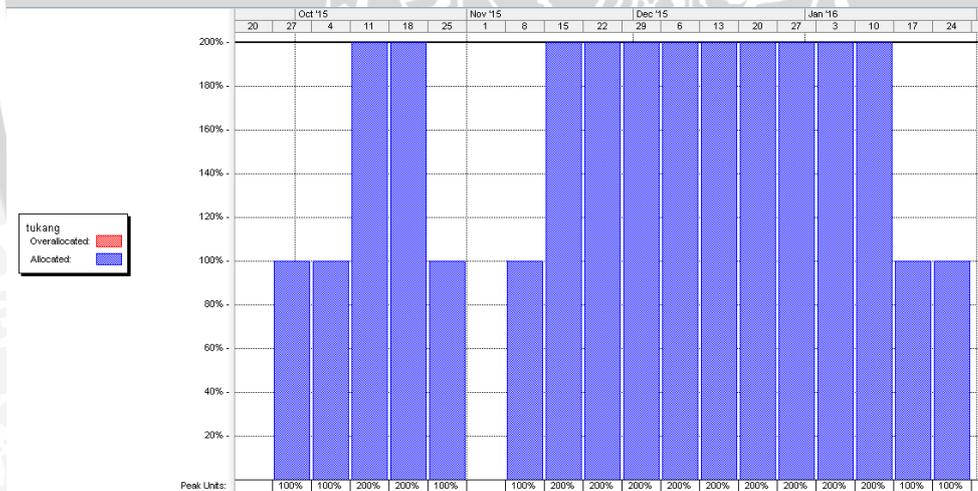
2. Pekerja Tukang

Kebutuhan pekerja tukang dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Kebutuhan Pekerja Tukang

Berdasarkan pada Gambar 4.17 menunjukkan bahwa pada tanggal 31 Desember 2015 sampai 14 Januari 2016 mengalami kelebihan alokasi pekerja tukang dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. *Resource levelling* dilakukan dengan cara menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.

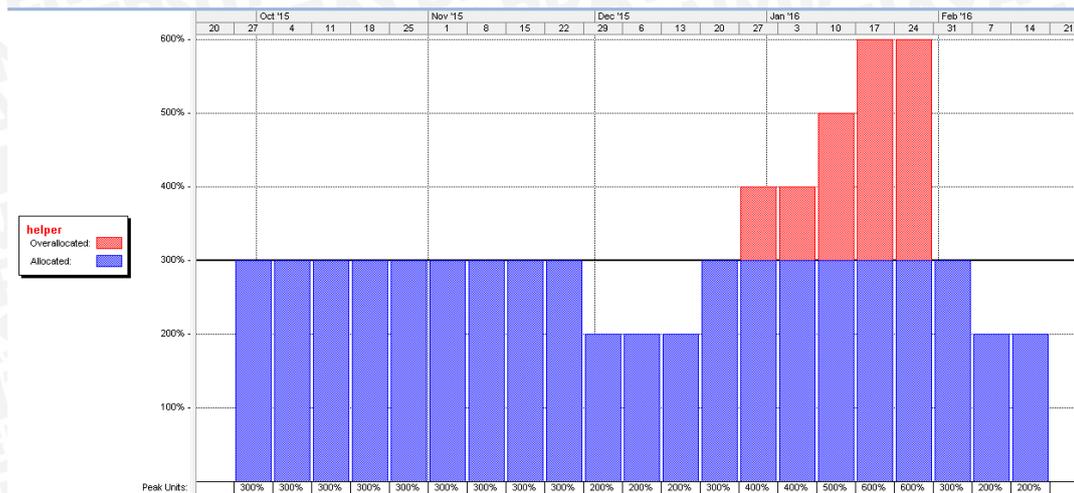


Gambar 4.18 Resource Levelling Pekerja Tukang

Gambar 4.18 merupakan grafik kebutuhan pekerja tukang setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.18 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja tukang tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.

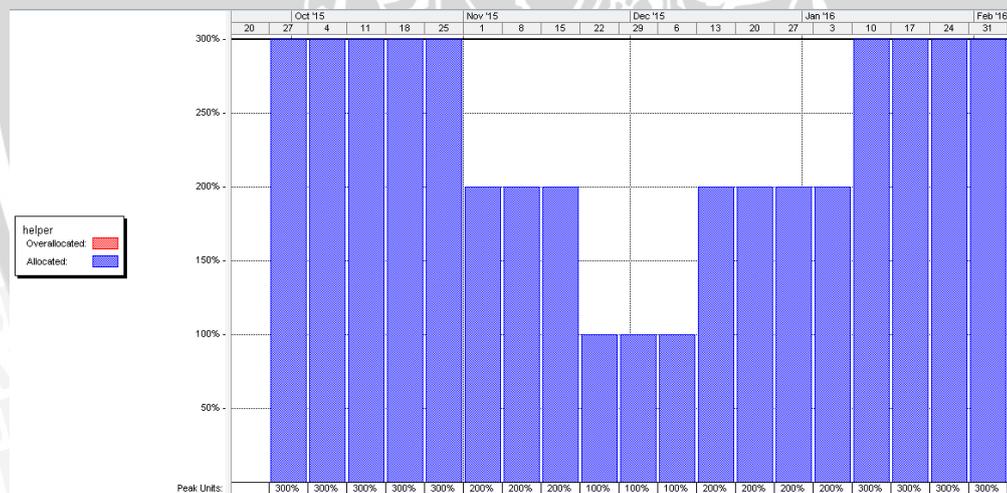
3. Pekerja Helper

Kebutuhan pekerja *helper* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Kebutuhan Pekerja *Helper*

Berdasarkan pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa pada tanggal 29 Desember 2015 sampai tanggal 27 Januari 2016 mengalami kelebihan alokasi pekerja *helper* dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.20. *Resource levelling* dilakukan dengan cara menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.

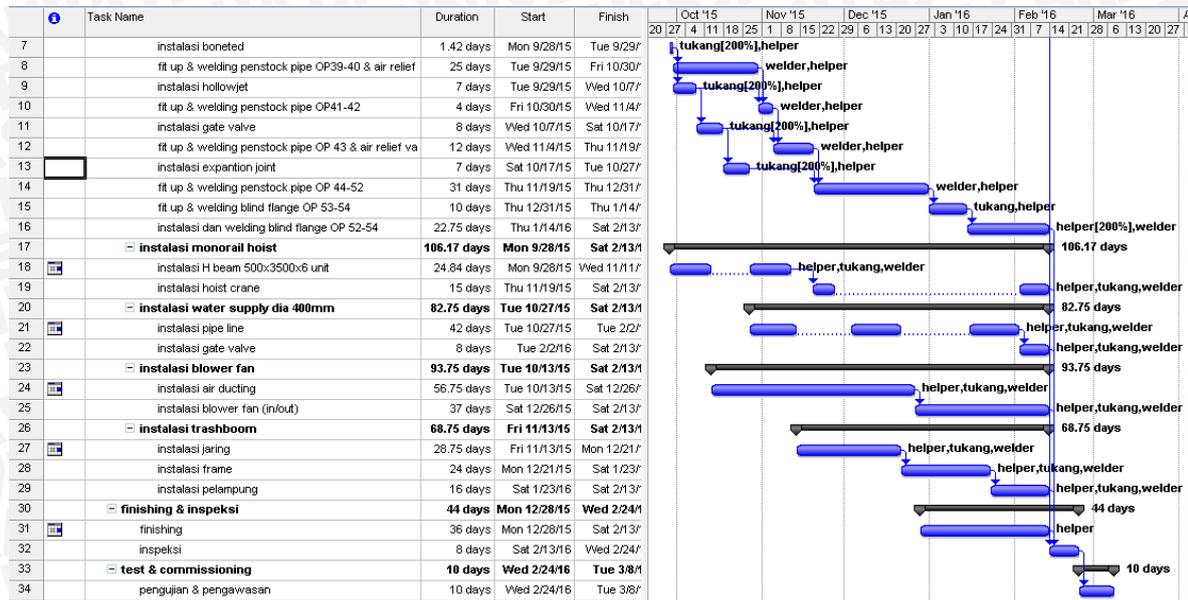


Gambar 4.20 *Resource Levelling* Pekerja *Helper*

Gambar 4.20 merupakan grafik kebutuhan pekerja *helper* setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.20 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja *welder* tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.

Setelah dilakukannya *resource levelling* pada pekerja yang mengalami *overlocated*, menunjukkan bahwa seluruh penjadwalan pekerja tidak mengalami kelebihan alokasi.

Levelling sumber daya mengakibatkan terjadinya perubahan jadwal pengerjaan beberapa aktivitas proyek. *Gantt chart* sisa aktivitas kerja pada proyek setelah dilakukan *levelling* ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 *Gantt Chart* Setelah *Levelling Resource*

Pada gambar 4.21 menunjukkan waktu dimulai dari aktivitas instalasi *monorail hoist* dan sub aktivitas instalasi *pipe line* mengalami perubahan jadwal pengerjaan akibat dari adanya *levelling resources* yang dilakukan. Perubahan waktu mulai (*start time*) menyebabkan terjadinya perubahan waktu *slack* pada aktivitas non kritis. Sedangkan waktu tercepat untuk penyelesaian dan jalur kritis proyek tidak mengalami perubahan.

4.5.2.5 Perhitungan Total Biaya Setelah Penjadwalan

Penjadwalan ulang dengan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) tidak dilakukan penambahan *volume* pekerjaan total. Sehingga kebutuhan jumlah pekerja dan material tetap. Rekapitulasi anggaran pada keempat sisa aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Anggaran Setelah Penjadwalan

Aktivitas		Anggaran
I	Persiapan	6,097,000.00
III	Instalasi	205,327,000.00
IV	Finishing dan Inspeksi	14,000,000.00
V	Test & Commissioning	14,000,000.00
Total		239,424,000.00

Pada Tabel 4.7 menunjukkan total anggaran biaya untuk sisa aktivitas proyek setelah dilakukannya penjadwalan ulang adalah sebesar Rp 239,424,000.00. Rekapitulasi

keseluruhan hasil perhitungan prediksi biaya penyelesaian tiap sisa aktivitas pada proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Lampiran 13.

Berdasarkan total biaya pengeluaran aktual (ACWP) periode ke-59 pada lampiran 7, dilakukan perhitungan jumlah total biaya jika PT. XYZ menerapkan penjadwalan ulang sisa proyek sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Pengerjaan Proyek} &= \text{ACWP periode 59} + \text{Total anggaran sisa aktivitas proyek} \\ &= \text{Rp } 791,755,200.00 + \text{Rp } 239,424,000.00. \\ &= \text{Rp } 1,031,179,200.00. \end{aligned}$$

Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah dilakukannya penjadwalan ulang sisa proyek menggunakan CPM adalah sebesar Rp Rp 1,031,179,200.00. Total biaya pengerjaan setelah dilakukannya penjadwalan ulang memiliki nilai nominal lebih kecil daripada total prediksi anggaran biaya berdasarkan *earned value*. Sehingga penjadwalan ulang untuk sisa pekerjaan dapat dilakukan percepatan sehubungan dengan keterlambatan penyelesaian proyek yang lama.

4.5.3 Penjadwalan Menggunakan Percepatan Durasi Proyek

Percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan penambahan jumlah pekerja dan penambahan jam kerja (lembur). Berdasarkan hasil diskusi dengan PT. XYZ, percepatan proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” hanya dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja (lembur), mengingat biaya pengeluaran aktual sampai periode ke-59 melebihi dari yang direncanakan di awal oleh PT. XYZ.

4.5.3.1 Pengurangan Durasi Aktivitas

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 102/MEN/VI/2004 pasal 1 ayat 1, pengurangan durasi aktivitas yang dilakukan dengan menggunakan penambahan jam kerja (lembur) memiliki ketentuan setiap hari kerja (Senin-Sabtu) maksimal 3 jam lembur pada tiap harinya. Penggunaan sumber daya pekerja yang digunakan dalam kerja lembur adalah mengikuti kebutuhan pekerja setiap aktivitasnya pada jam kerja biasa. Hasil pengurangan durasi aktivitas yang dapat diterapkan penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 4.8.

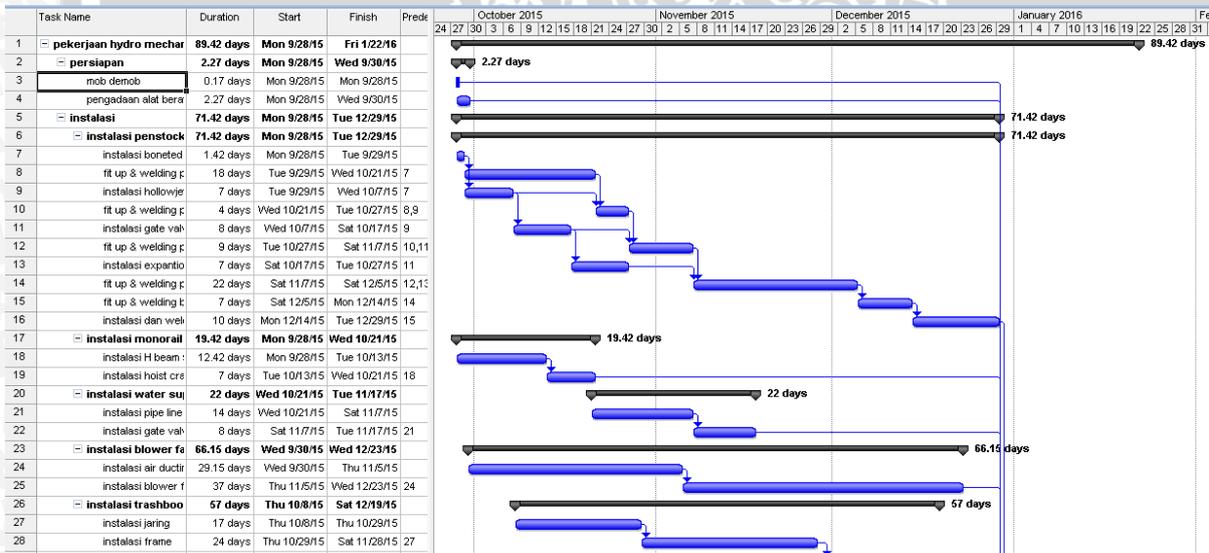
Tabel 4.8 Hasil Pengurangan Durasi Aktivitas

Aktivitas		Durasi (Awal)	Durasi Percepatan (hari)
III-e	Instalasi <i>penstock pipe</i> OP 1 - OP 54		
2	<i>Fit up</i> dan <i>welding penstock pipe</i> OP 39 - OP 40 & <i>Air Relief valve</i>	25	18
6	<i>Fit up</i> dan <i>welding penstock pipe</i> OP 43 & <i>Air Relief valve</i>	12	9
8	<i>Fit up</i> dan <i>welding penstock pipe</i> OP 44- OP 52	31	22
9	<i>Fit up</i> dan <i>welding penstock pipe</i> OP 53- OP 54	10	7
10	Instalasi dan <i>welding blind flange</i> OP 52,54	13	10

Pada Tabel 4.8 dapat dilihat aktivitas yang dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur). Aktivitas III-e yang berada pada Tabel 4.8 merupakan jalur kritis pada proyek ini. Sehingga ketika dilakukan percepatan akan merubah durasi proyek secara keseluruhan. Rekapitulasi hasil perhitungan lembur dapat dilihat pada Lampiran 14.

4.5.3.2 Pembuatan Gantt Chart

Hasil pembuatan *gant* chart dengan bantuan *Microsoft Project* untuk penjadwalan percepatan durasi sisa aktivitas kerja pada proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Gantt Chart Setelah Percepatan

Berdasarkan Gambar 4.22 menunjukkan penjadwalan setelah dilakukannya percepatan, terdapat beberapa aktivitas yang mengalami perubahan durasi. Salah satu contohnya adalah aktivitas *fit up* dan *welding penstock pipe* OP 39 - OP 40 & *Air Relief valve* yang mengalami percepatan dari durasi awal 25 hari menjadi 18 hari.

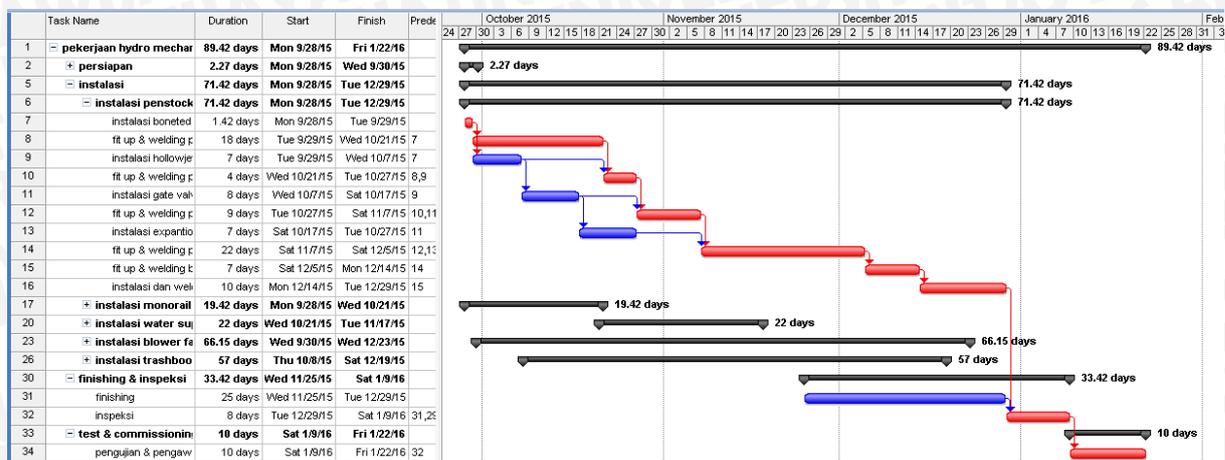
Pada Gambar 4.23 akan ditunjukkan network *diagram* dari percepatan penjadwalan sisa aktivitas. Garis merah menunjukkan lintasan kritis pada jaringan proyek tersebut. Didapatkan hasil penjadwalan yang dilakukan adalah selama 89.24 hari.





4.5.3.3 Penentuan Jalur Kritis

Jalur kritis pada penjadwalan percepatan durasi sisa aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Jalur Kritis Setelah Percepatan

Gambar 4.24 menunjukkan bahwa sebagian sub aktivitas instalasi penstock OP 1 – OP 54, sub aktivitas *finishing & inspeksi*, dan aktivitas *test & commissioning* merupakan aktivitas-aktivitas kritis yang terdapat pada proyek. Durasi penyelesaian tercepat pada penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Penyelesaian Proyek} &= \sum \text{Durasi aktivitas kritis} \\
 &= \sum 1.42 + 18 + 4 + 9 + 22 + 7 + 10 + 8 + 10 \\
 &= 89.42 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada proyek didapatkan waktu tercepat untuk penyelesaian proyek yaitu 90 hari kerja.

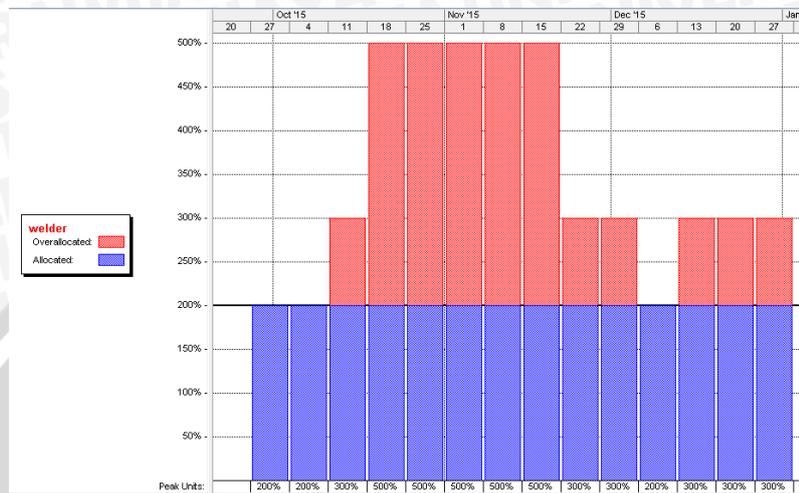
4.5.3.4 Penjadwalan Pekerja

Dengan bantuan *Microsoft Project* dibuat suatu grafik kebutuhan pekerjaan untuk setiap periode. Berikut merupakan kebutuhan pekerja setelah dilakukannya percepatan dengan penambahan jam lembur.

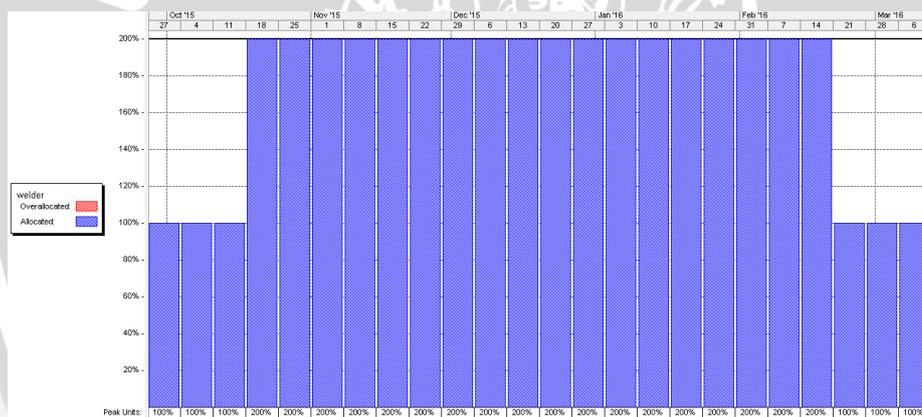
1. Pekerja *Welder*

Kebutuhan pekerja *welder* setelah percepatan dapat dilihat Pada Gambar 4.25. Berdasarkan pada Gambar 4.25 menunjukkan bahwa pada tanggal 10 Oktober 2015 sampai tanggal 29 Desember 2016 mengalami kelebihan alokasi pekerja *welder* dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Penjadwalan dengan kelebihan alokasi

jumlah pekerja pada pekerja *welder* ini tidak dapat direalisasikan. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.26. *Resource levelling* dilakukan dengan cara menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.



Gambar 4.25 Kebutuhan Pekerja *Welder* Setelah Percepatan



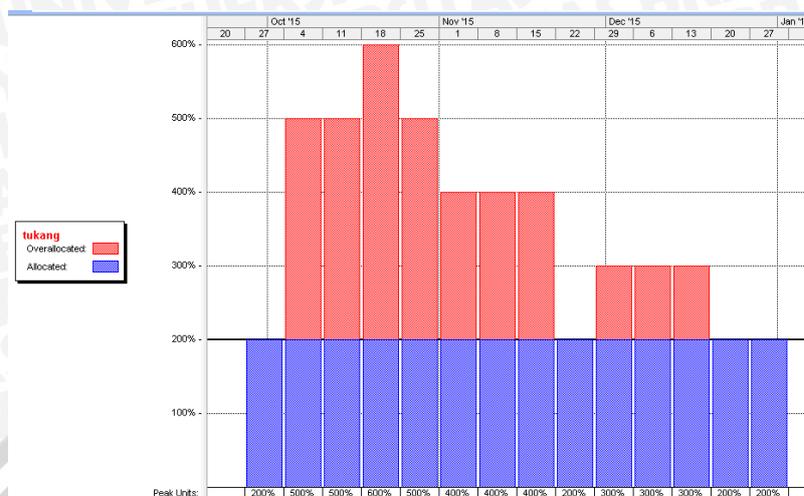
Gambar 4.26 *Resource Levelling* Pekerja *Welder* Setelah Percepatan

Gambar 4.26 merupakan grafik kebutuhan pekerja *welder* setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.26 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja *welder* tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.

2. Pekerja Tukang

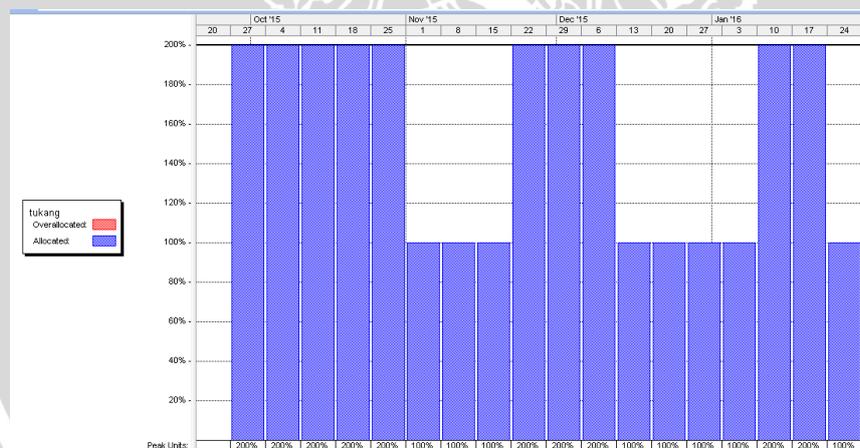
Kebutuhan pekerja tukang dapat dilihat pada Gambar 4.27. Berdasarkan pada Gambar 4.27 menunjukkan bahwa pada tanggal 07 Oktober 2015 sampai 17 November 2015 dan tanggal 05 Desember 2015 sampai 14 Desember 2015 mengalami kelebihan alokasi pekerja tukang dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.28. *Resource levelling* dilakukan dengan cara

menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.



Gambar 4.27 Kebutuhan Pekerja Tukang Setelah Percepatan

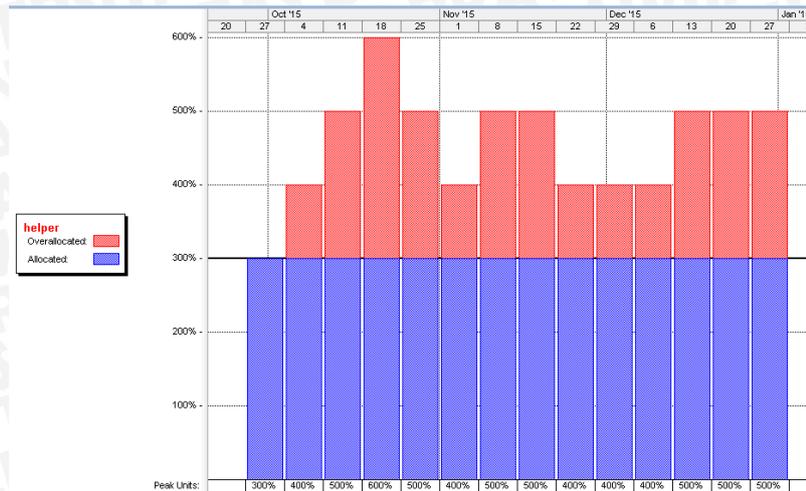
Gambar 4.28 merupakan grafik kebutuhan pekerja tukang setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.28 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja tukang tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.



Gambar 4.28 Resource Levelling Pekerja Tukang Setelah Percepatan

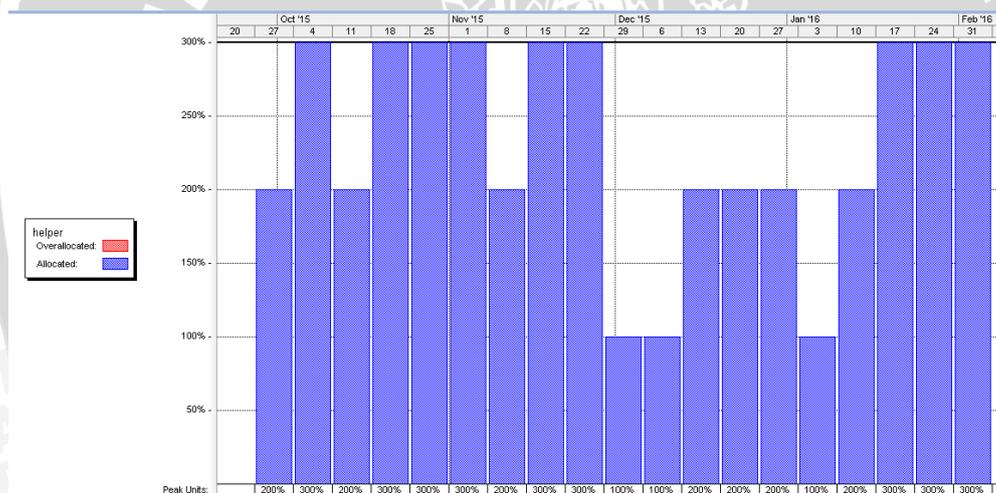
3. Pekerja Helper

Kebutuhan pekerja *helper* dapat dilihat pada Gambar 4.29. Berdasarkan pada Gambar 4.29 menunjukkan bahwa pada tanggal 08 Oktober 2015 sampai tanggal 29 Desember 2015 mengalami kelebihan alokasi pekerja *helper* dengan ditunjukkannya diagram berwarna merah. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan yang ditunjukkan pada Gambar 4.30. *Resource levelling* dilakukan dengan cara menggunakan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dimiliki sehingga durasi proyek tidak bertambah.



Gambar 4.29 Kebutuhan Pekerja *Helper* Setelah Percepatan

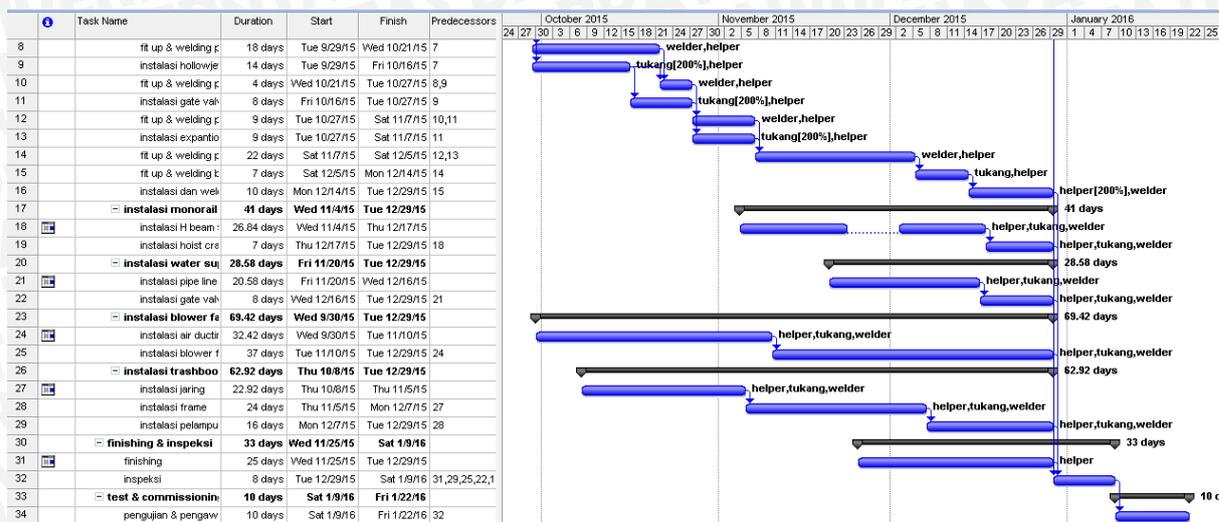
Gambar 4.30 merupakan grafik kebutuhan pekerja *helper* setelah dilakukannya *resource levelling*. Berdasarkan Gambar 4.30 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja *welder* tidak mengalami kelebihan alokasi dengan ditunjukkannya diagram berwarna biru.



Gambar 4.30 *Resource Levelling* Pekerja *Helper* Setelah Percepatan

Setelah dilakukannya *resource levelling* pada pekerja yang mengalami *overlocated*, menunjukkan bahwa seluruh penjadwalan pekerja tidak mengalami kelebihan alokasi. *Levelling* sumber daya mengakibatkan terjadinya perubahan jadwal pengerjaan beberapa aktivitas proyek. *Gantt chart* sisa aktivitas kerja pada proyek setelah dilakukan *levelling* ditunjukkan pada Gambar 4.31.

Pada gambar 4.31 menunjukkan waktu pengerjaan instalasi Instalasi H *beam* menjadi lebih panjang dikarenakan *levelling* yang telah dilakukan. Sub aktivitas instalasi H *beam* merupakan aktivitas non kritis. Sehingga, waktu tercepat untuk penyelesaian dan jalur kritis proyek tidak mengalami perubahan.



Gambar 4.31 Penjadwalan Percepatan Setelah *Levelling*

4.5.3.5 Perhitungan Total Biaya Percepatan

Perhitungan anggaran berdasarkan penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dilakukan pada tiap aktivitas. Rekapitulasi anggaran penjadwalan percepatan pada keempat sisa aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Anggaran Percepatan Durasi Proyek

Aktivitas		Anggaran
I	Persiapan	6,097,000.00
III	Instalasi	212,622,000.00
IV	<i>Finishing</i> dan Inspeksi	14,786,500.00
V	<i>Test & Commissioning</i>	14,000,000.00
Total		247,505,500.00

Pada Tabel 4.9 menunjukkan total anggaran biaya untuk sisa aktivitas proyek setelah dilakukannya penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah sebesar Rp 247,505,500.00. Rekapitulasi keseluruhan hasil perhitungan prediksi biaya penyelesaian untuk percepatan durasi tiap sisa aktivitas pada proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” ditunjukkan pada Lampiran 16.

Berdasarkan total biaya pengeluaran aktual (ACWP) periode ke-59 pada lampiran 7, dilakukan perhitungan jumlah total biaya jika PT. XYZ menerapkan percepatan durasi proyek sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya Pengerjaan Proyek} &= \text{ACWP periode 59} + \text{Total anggaran sisa aktivitas proyek} \\
 &= \text{Rp } 791,755,200.00 + \text{Rp } 247,505,500.00 \\
 &= \text{Rp } 1,039,260,700.00.
 \end{aligned}$$

Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah dilakukannya penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah sebesar Rp 1,039,260,700.00.

4.6 Analisis dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* dimana kontraktor pelaksana adalah PT. XYZ. Pengerjaan pekerjaan *hydro mechanical* direncanakan dimulai sejak tanggal 23 Juni 2014 dan seharusnya selesai pada tanggal 30 Mei 2015 dengan total periode kerja selama 44 minggu dengan total anggaran sebesar Rp 1,105,304,609.11. Namun pada Bulan September 2015 atau periode ke-59, *progress* proyek masih 68.56% pengerjaan dengan total biaya pengeluaran sebesar Rp 791,755,200.00. Padahal menurut anggaran yang direncanakan, pada *progress* 68.56%, biaya yang seharusnya dikeluarkan adalah sebesar Rp 757,780,217.27. Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada pekerjaan *hydro mechanical*, diperlukan adanya evaluasi proyek yang sudah berjalan dengan menggunakan *Earned Value Method* (EVM). Hal tersebut bertujuan untuk mengendalikan sisa pekerjaan pada proyek yang masih belum selesai dikerjakan.

4.6.1 Hasil Pengukuran Kinerja Biaya dan Waktu menggunakan EVM

Berdasarkan perhitungan ketiga nilai indikator BCWS, BCWP, dan ACWP didapatkan nilai kinerja biaya dan waktu yang ditunjukkan pada Tabel 4.9. Hasil perhitungan kinerja biaya dan jadwal pada Tabel 4.9, diketahui bahwa pada periode 1 sampai periode 22 dan periode 34 sampai periode 59, proyek mengalami *cost overrun* dan *schedule underrun*. Pada periode 23 sampai periode 33 proyek mengalami *cost underrun* dan *schedule underrun*. Keterlambatan proyek yang cukup lama menyebabkan penyelesaian proyek mundur dari jadwal rencana.

Terjadinya ketidaksesuaian jadwal dan biaya antara rencana dengan aktualnya, memerlukan analisis penyebab ketidaksesuaian yang terjadi dengan menggunakan *tree diagram*. Data yang digunakan dalam penyusunan *tree diagram* penyebab ketidaksesuaian jadwal dan biaya didapatkan dengan wawancara langsung pada *site manager* PT. XYZ pada proyek terkait.

Berdasarkan hasil *tree diagram* pada Gambar 4.7, *schedule underrun* terjadi pada semua aktivitas kerja dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

(PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* terdapat beberapa penyebab keterlambatan proyek (*schedule underrun*) diantaranya adalah:

1. Pengerjaan pekerjaan konstruksi fisik yang terlambat sehingga menyebabkan pekerjaan *hydro mechanical* terlambat.
2. Aktivitas-aktivitas pekerjaan *hydro mechanical* mengalami *reschedule*.
3. Aktivitas *predecessor* belum selesai menyebabkan dimulainya aktivitas *successor* mengalami keterlambatan pula.
4. Material belum tersedia dikarenakan aktivitas persiapan mengalami keterlambatan.
5. Cuaca yang kurang mendukung dikarenakan proyek sedang berlangsung pada musim penghujan.
6. Medan kerja yang berat
7. Terjadinya pemberhentian proyek menyebabkan semakin lamanya penyelesaian pengerjaan proyek.

Berdasarkan hasil *tree diagram* pada Gambar 4.8, *cost overrun* terjadi pada aktivitas kerja persiapan, fabrikasi & perakitan, dan instalasi dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* terdapat beberapa penyebab biaya aktual lebih besar dari anggaran (*cost overrun*) diantaranya adalah:

1. Harga peralatan kerja dan material yang lebih tinggi dari yang dianggarkan dikarenakan mengalami kenaikan harga.
2. Pengerjaan aktivitas yang lama menyebabkan konsumsi untuk peralatan kerja lebih besar dan juga menyebabkan alokasi dana untuk upah pekerja menjadi lebih tinggi dikarenakan upah pekerja bukan upah borongan namun upah harian.
3. Proyek sempat terhenti mengakibatkan mobilisasi demobilisasi tenaga kerja dilakukan lebih banyak dari rencana, yaitu ketika pada periode ke-34, saat proyek mulai beroperasi kembali.

Berdasarkan hasil *tree diagram* pada Gambar 4.9, *cost underrun* terjadi pada sub aktivitas kerja persiapan yaitu pengadaan alat berat dalam proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *hydro mechanical* terdapat penyebab biaya aktual lebih rendah dari anggaran (*cost underrun*) adalah harga sewa mesin generator lebih rendah dari yang dianggarkan.

Bila keadaan ketidaksesuaian jadwal dan biaya antara rencana dengan aktualnya tidak diantisipasi, kondisi proyek akan bertambah parah, dimana waktu penyelesaian dan biaya yang dibutuhkan makin membesar. Untuk itu dilakukan usaha untuk memprediksikan biaya

penyelesaian akhir proyek dan prediksi waktu penyelesaian proyek berdasarkan *earned value*. Nilai prediksi biaya prediksi tersisa dari proyek didapatkan hasil Rp 327,637,836.06. Hasil prediksi waktu penyelesaian diperoleh total waktu penyelesaian proyek selama 558 hari. Nilai prediksi biaya penyelesaian akhir proyek (*estimate at completion*) dari proyek pembangunan PLTMH pekerjaan *hydro mechanical* adalah sebesar Rp 1,119,393,036.06.

4.6.2 Hasil Penjadwalan Sisa Aktivitas Menggunakan CPM

Penjadwalan ulang yang dilakukan dengan menggunakan jalur kritis bertujuan untuk mengetahui waktu penyelesaian proyek tercepat yang dapat dikerjakan. Sebelum perhitungan CPM dilakukan terlebih dahulu penjadwalan yang dilakukan dengan *gant chart* dengan bantuan *Microsoft Project*. Pada *gant chart* dalam *Microsoft Project*, aktivitas dengan *slack* sebesar 0 secara *default* digambarkan dengan batang berwarna merah. Jalur kritis pada penjadwalan ulang sisa aktivitas proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” terdapat pada sebagian sub aktivitas instalasi penstock OP 1 – OP 54, sub aktivitas *finishing* & inspeksi, dan aktivitas *test & commission* merupakan aktivitas-aktivitas kritis yang terdapat pada proyek. Durasi penyelesaian tercepat dapat dihitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis. Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada proyek didapatkan waktu tercepat untuk penyelesaian proyek yaitu 115 hari kerja.

Dalam pengerjaan proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*”, diketahui bahwa jumlah pekerja yang dipekerjakan adalah 7 orang (tidak termasuk bagian administrasi, pengadaan material, keuangan, dan *site manager*). Pekerja yang dipekerjakan dibagi menjadi tiga bidang dengan jumlah masing-masing yaitu tukang 2 orang, *welder* 2 orang, dan *helper* 3 orang. Penempatan pekerja disesuaikan dengan keahlian dan aktivitas yang akan dikerjakan. Selama proyek berlangsung, kegiatan proyek dilakukan mulai dipukul 08.00-12.00 dan dimulai kembali pukul 13.00-17.00 untuk hari kerja Senin sampai Kamis. Untuk hari Jum’at proyek dimulai pukul 08.00-11.00 dan dimulai kembali pukul 13.00-17.00. Sedangkan pada hari Sabtu proyek berakhir pada jam 15.00.

Setelah diketahui jumlah kebutuhan pekerja, dilakukan perhitungan total pekerja untuk setiap periode waktunya. Dengan bantuan *Microsoft Project* dibuat suatu grafik kebutuhan pekerjaan untuk setiap periode. Hasil menunjukkan bahwa pekerja *welder*, tukang dan *helper* mengalami kelebihan alokasi. Kelebihan terjadi bila pendelegasian tugas pada suatu sumber daya melebihi kemampuan untuk menyelesaikan tugas tersebut. Penjadwalan dengan

kelebihan alokasi jumlah pekerja pada pekerja *welder*, tukang dan *helper* ini tidak dapat direalisasikan. Sehingga perlu dilakukan *levelling* untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.

Setelah dilakukannya *resource levelling* pada pekerja yang mengalami *overlocated*, menunjukkan bahwa seluruh penjadwalan pekerja tidak mengalami kelebihan alokasi. *Levelling* sumber daya mengakibatkan terjadinya perubahan jadwal pengerjaan beberapa aktivitas proyek. Hasil penjadwalan setelah *levelling* menunjukkan waktu dimulai dari aktivitas instalasi *monorail hoist* dan sub aktivitas instalasi *pipe line* mengalami perubahan jadwal pengerjaan akibat dari adanya *levelling resources* yang dilakukan. Perubahan waktu mulai (*start time*) menyebabkan terjadinya perubahan waktu *slack* pada aktivitas non kritis. Sedangkan waktu tercepat untuk penyelesaian dan jalur kritis proyek tidak mengalami perubahan. Total anggaran biaya untuk sisa aktivitas proyek setelah dilakukannya penjadwalan ulang adalah sebesar Rp 239,424,000.00. Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah dilakukannya penjadwalan ulang sisa proyek menggunakan CPM adalah sebesar Rp Rp 1,031,179,200.00.

4.6.3 Hasil Penjadwalan Sisa Aktivitas Menggunakan Percepatan Durasi

Berdasarkan hasil diskusi dengan PT. XYZ, percepatan proyek “Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Titab pekerjaan *Hydro Mechanical*” hanya dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja (lembur), mengingat biaya pengeluaran aktual sampai periode ke-59 melebihi dari yang direncanakan di awal oleh PT. XYZ. Pengurangan durasi aktivitas yang dilakukan dengan menggunakan penambahan jam kerja (lembur) memiliki ketentuan setiap hari kerja (Senin-Sabtu) maksimal 3 jam lembur pada tiap harinya berdasarkan Peraturan Menteri No. 102/MEN/VI/2004 pasal 1 ayat 1. Penggunaan sumber daya pekerja yang digunakan dalam kerja lembur adalah mengikuti kebutuhan pekerja setiap aktivitasnya pada jam kerja biasa.

Aktivitas yang dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah aktivitas kritis pada aktivitas III-e instalasi *penstock pipe*. Sehingga ketika dilakukan percepatan akan merubah durasi proyek secara keseluruhan. Jalur kritis hasil percepatan durasi tidak mengalami perubahan yaitu sebagian sub aktivitas instalasi *penstock* OP 1 – OP 54, sub aktivitas *finishing & inspeksi*, dan aktivitas *test & commission*. Durasi penyelesaian tercepat pada penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis. Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada proyek didapatkan waktu tercepat untuk

penyelesaian proyek yaitu 90 hari kerja. Dengan total anggaran biaya untuk sisa aktivitas proyek setelah dilakukannya penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah sebesar Rp 247,505,500.00. Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah dilakukannya penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah sebesar Rp 1,039,260,700.00.

4.6.4 Perbandingan Waktu dan Biaya

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada sub bab sebelumnya, didapatkan waktu penyelesaian sisa aktivitas proyek dan biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek. Ketiga hasil perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu perhitungan waktu dan biaya proyek menggunakan *Earned Value Method* (EVM), perhitungan waktu dan biaya proyek menggunakan *Critical Path Method* (CPM), dan perhitungan waktu dan biaya proyek menggunakan percepatan durasi ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu dan Biaya

Indikator	EVM (sebelum penjadwalan ulang)	Penjadwalan ulang menggunakan CPM	Penjadwalan ulang menggunakan percepatan durasi
Waktu penyelesaian sisa aktivitas proyek	183	115	90
Total waktu pengerjaan proyek	558	490	465
Biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek	Rp 327,637,836.06	Rp 239,424,000.00	Rp 247,505,500.00
Total biaya pengerjaan proyek	Rp 1,119,393,036.06	Rp 1,031,179,200.00	Rp 1,039,260,700.00

Berdasarkan data pada Tabel 4.10, waktu penyelesaian sisa aktivitas proyek yang diperoleh dari penjadwalan ulang menggunakan percepatan durasi sebesar 90 hari. Total waktu penyelesaian berdasarkan penjadwalan ulang menggunakan percepatan durasi menghasilkan durasi penyelesaian paling cepat dibandingkan dengan kedua perhitungan lainnya. Hal tersebut dikarenakan adanya penambahan jam kerja (lembur) pada penjadwalan proyek yang mengakibatkan biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek pun lebih tinggi. Total biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek yaitu sebesar Rp 247,505,500.00. Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah dilakukannya penjadwalan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah sebesar Rp 1,039,260,700.00.

Pada penjadwalan ulang menggunakan CPM memiliki total waktu pengerjaan proyek yang lebih tinggi daripada penjadwalan dengan percepatan durasi, yaitu 115 hari. Biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek pada penjadwalan ulang menggunakan CPM diperoleh sebesar Rp 239,424,000.00. Total biaya pengerjaan keseluruhan proyek setelah

dilakukannya penjadwalan ulang sisa proyek menggunakan CPM adalah sebesar Rp 1,031,179,200.00. Total biaya yang dihasilkan berdasarkan penjadwalan ulang menggunakan CPM menghasilkan total biaya dengan nilai paling rendah dibandingkan dengan kedua perhitungan lainnya. Sedangkan hasil evaluasi menggunakan EVM diperoleh biaya penyelesaian sisa aktivitas proyek dan waktu penyelesaian sisa aktivitas paling tinggi, yaitu sebesar Rp 327,637,836.06 selama 183 hari.

Selisih waktu penyelesaian hasil penjadwalan ulang percepatan durasi adalah 25 hari lebih cepat daripada durasi penjadwalan ulang dan 93 hari lebih cepat daripada prediksi penyelesaian waktu berdasarkan EVM. Dari segi biaya, total biaya penjadwalan ulang percepatan durasi lebih besar sebesar Rp 8,081,500.00 daripada total biaya hasil penjadwalan ulang, namun Rp 80,132,336.00 lebih rendah daripada total biaya hasil perhitungan EVM.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

