

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan referensi atau pustaka yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan digunakan dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan metode *earned value method* dan digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini. Hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Putra (2012) menggunakan *Earned Value Method* (EVM) untuk pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi pembangunan bendungan Bajulmati. Hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukkan $SPI=1.0016$ dan $CPI=1.0086$. Perkiraan total waktu penyelesaian proyek sebesar 1,066.0534 hari dan perkiraan total biaya penyelesaian proyek sebesar Rp 253.2042 M. Untuk penjadwalan proyek yang dilakukan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) didapatkan hasil 9 aktivitas yang termasuk jalur kritis, 22 aktivitas dengan status hampir kritis dan 17 aktivitas dengan status tidak kritis.
2. Nugraha (2013) melakukan perbandingan penggunaan *Earned Value Method* (EVM) dengan *Critical Path Method* (CPM) dalam pengendalian proyek. Hasil penelitian yang dilakukan diperoleh durasi proyek selama 350 dengan menggunakan CPM dan durasi proyek selama 362,13 hari dengan menggunakan EVM. Total biaya pengeluaran hasil perhitungan pada penelitian ini sebesar Rp 90,692,361,779.00 dengan menggunakan CPM dan Rp 91,393,936,356.00 dengan menggunakan EVM.
3. Prasetya (2015) menggunakan kurva S sebagai *tools* penjadwalan proyek, *earned value method* (EVM) sebagai *tools* pengendalian dan *Precedence Diagram Method* (PDM) sebagai *tools* penjadwalan ualng proyek. Dari hasil analisa didapatkan bahwa pengerjaan bekisting pada proyek The Rimba Ayana Hotel mengalami *schedule underrun* dan *cost overrun*. Hasil penjadwalan ulang menunjukkan bahwa pekerjaan

bekisting akan selesai setelah 59 hari kerja dengan total pengeluaran sebesar Rp 5,048,545,894.00.

- Valinda (2015) melakukan penelitian pada proyek “Pembuatan Bund Wall di Area Tank Methanol #2” dengan menggunakan kurva S sebagai *tools* penjadwalan proyek, *Earned Value Method* (EVM) sebagai *tools* pengendalian dan *Critical Path Method* (CPM) *crash program* sebagai *tools* penjadwalan ulang proyek. Dari hasil analisa EVM didapatkan bahwa nilai SPI=0.48 menunjukkan proyek mengalami *schedule underrun* dan nilai CPI=1.01 yang menunjukkan proyek mengalami *cost underrun* atau biaya pengeluaran aktual lebih rendah daripada anggaran rencana. Hasil prediksi biaya penyelesaian proyek menggunakan EVM sebesar Rp 1,797,086,562 dan prediksi waktu penyelesaian proyek adalah 125 hari kerja. Setelah dilakukan penjadwalan ulang dengan CPM didapatkan prediksi biaya penyelesaian proyek sebesar Rp 1,735,565,851.42 dan prediksi waktu penyelesaian proyek adalah 58 hari.

Berdasarkan keempat penelitian terdahulu tersebut, perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1.Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penulis	Jenis Proyek	Objek Penelitian	Metode Penjadwalan Ulang	Metode Pengendalian Proyek	Hasil
Putra (2012)	Bangunan Sipil	Bendungan Bajulmati	CPM	<i>Earned Value</i>	<ul style="list-style-type: none"> Nilai SPI=1.0016 dan CPI=1.0086. Perkiraan total waktu penyelesaian proyek sebesar 1,066,0534 hari. Perkiraan total biaya penyelesaian proyek sebesar Rp 253.2042 M. Hasil penjadwalan ulang proyek menggunakan CPM 9 aktivitas jalur kritis, 22 aktivitas hampir kritis dan 17 aktivitas tidak kritis.
Nugraha (2013)	Pengembangan Bangunan	Bangunan Perusahaan	-	<i>Earned Value</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hasil durasi proyek selama 350 dengan menggunakan CPM dan total biaya pengeluaran hasil perhitungan sebesar Rp 90,692,361,779.00 Hasil durasi proyek selama 362,13 hari dengan menggunakan EVM dan total biaya pengeluaran hasil perhitungan Rp 91,393,936,356.00
Prasetya (2015)	Bangunan Gedung	Bangunan Hotel	PDM	<i>Earned Value</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hasil analisa didapatkan bahwa pengerjaan bekisting mengalami <i>schedule underrun</i> dan <i>cost overrun</i>. Hasil penjadwalan ulang menunjukkan bahwa pekerjaan bekisting akan selesai setelah 59 hari kerja dengan total pengeluaran sebesar Rp 5,048,545,894.00.
Valinda (2015)	Pembuatan Bund Wall	Komplek Bund Wall	CPM (<i>crash program</i>)	<i>Earned Value</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hasil nilai SPI=0.48 menunjukkan proyek mengalami <i>schedule underrun</i> dan nilai CPI=1.01 menunjukkan proyek mengalami <i>cost underrun</i>. Hasil prediksi biaya penyelesaian proyek menggunakan EVM sebesar Rp 1,797,086,562 dan prediksi waktu penyelesaian proyek adalah 125 hari kerja. Penjadwalan ulang dengan CPM didapatkan prediksi biaya penyelesaian proyek sebesar Rp 1,735,565,851.42 dan prediksi waktu penyelesaian proyek adalah 58 hari.
Penelitian ini	Pembangunan PLTMH	PLTMH Titab	CPM	<i>Earned Value</i>	

2.2 Proyek

Berikut merupakan penjelasan mengenai proyek meliputi definisi proyek, siklus hidup proyek, sasaran proyek dan tiga kendala, dan manajemen proyek.

2.2.1 Definisi Proyek

Menurut Siang (2011:314) proyek adalah sembarang pekerjaan yang memiliki awal dan akhir, terdiri dari beberapa pekerjaan/aktivitas yang harus dilaksanakan dengan urutan tertentu. Tiap-tiap pekerjaan membutuhkan sumber daya (biaya, tenaga, dan waktu) yang berbeda-beda. Menurut Husen (2008:4), proyek merupakan gabungan sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, modal dan biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan.

Tujuan utama sebuah proyek adalah untuk memuaskan kebutuhan seorang pelanggan. Karakteristik sebuah proyek membantu memedakan proyek dengan berbagai usaha lainnya yang dilakukan organisasi. Menurut Kerzner (2008:221), karakteristik utama sebuah proyek adalah sebagai berikut.

1. Memiliki sasaran/tujuan.
2. Ada rentang waktu tertentu, ada awal dan akhirnya.
3. Biasanya melibatkan beberapa departemen dan profesional.
4. Umumnya melakukan sesuatu yang sebelumnya tidak pernah dilakukan.
5. Waktu, biaya, dan persyaratan kinerja yang spesifik

2.2.2 Siklus Hidup Proyek

Siklus hidup proyek merupakan salah satu cara untuk mengilustrasikan sifat unik dari pekerjaan proyek. Siklus hidup proyek menunjukkan bahwa proyek memiliki rentang hidup terbatas dan terdapat perubahan-perubahan yang dapat diprediksi, khususnya berkenaan dengan usaha dan fokus pada umur hidup proyek. Menurut Gray (2011:7), siklus hidup proyek umumnya melewati empat tahap berurutan yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat terdapat empat tahap yaitu *defining*, *planning*, *executing*, dan *closing*. Berikut merupakan penjelasan dari siklus hidup proyek.

1. Penentuan (*defining*)

Pada tahap penentuan dilakukan penentuan spesifikasi proyek, penetapan sasaran proyek, pembentukan tim proyek, dan penetapan berbagai tanggung jawab utama.

2. Perencanaan (*planning*)

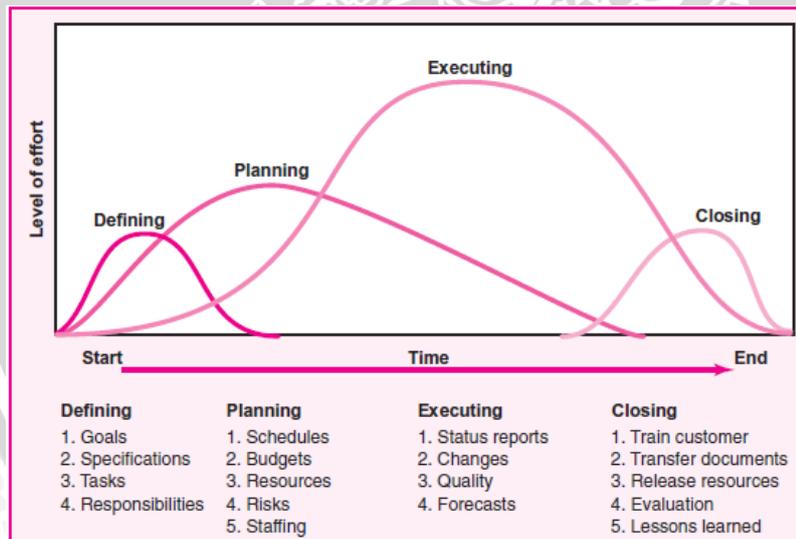
Pada tahap ini dilakukan pengembangan rencana untuk menentukan kapan proyek dijadwalkan, tingkat kualitas apa yang harus dijaga dan anggaran apa yang diperlukan dalam proyek.

3. Eksekusi (*executing*)

Pada tahap eksekusi merupakan bagian utama dari kerja proyek, baik fisik dan mental. Produk fisik dihasilkan pada tahap ini. Untuk pengendalian proyek diperlukan informasi mengenai waktu, biaya dan ukuran spesifikasi apakah proyek sudah sesuai dengan yang direncanakan. Bila diperlukan dapat melakukan perubahan/revisi yang sesuai.

4. Penutupan (*closing*).

Pada tahap penutupan mencakup dua aktivitas, yaitu mengirim produk proyek kepada pelanggan dan menyebarkan sumber daya proyek. Pengiriman proyek mencakup pelatihan pelanggan dan transfer dokumen. Penyebaran biasanya melibatkan penyerahan perlengkapan/material proyek kepada proyek lain dan menetapkan berbagai penugasan baru kepada para anggota tim.



Gambar 2.1 Siklus Hidup Proyek

Sumber: Gray (2011:7)

2.2.3 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (*Tripple Constraint*)

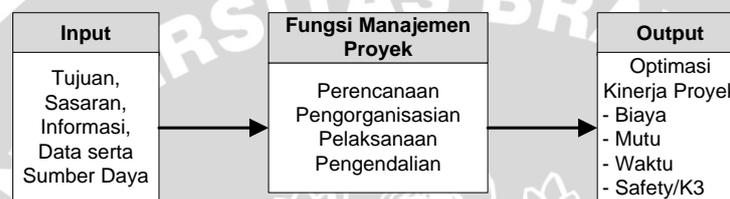
Untuk mencapai tujuan proyek terdapat tiga kendala (*triple constraint*), dimana telah ditentukan batasan yaitu biaya (anggaran yang dialokasikan), waktu (jadwal pelaksanaan), dan mutu yang harus dipenuhi (Soeharto, 1997:92). Berikut merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

1. Anggaran proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran

2. Jadwal proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan.
3. Mutu proyek atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

2.2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dengan sumber daya terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapat hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, waktu, dan keselamatan kerja (Husen, 2008:4).



Gambar 2.2 Proses Manajemen Proyek
Sumber: Husen (2008:5)

Pada Gambar 2.2 menunjukkan bahwa proses manajemen proyek dimulai dari kegiatan perencanaan hingga pengendalian. Kegiatan-kegiatan tersebut didasarkan atas *input* seperti tujuan dan sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta penggunaan sumber daya yang benar dan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Pengelolaan proyek dilakukan untuk mencapai *output* dimana terciptanya optimalisasi dari biaya, mutu, waktu dan *safety*.

Dalam proses sesungguhnya, pemimpin dalam organisasi proyek mengelola dan mengarahkan segala perangkat dan sumber daya yang ada dengan kondisi terbatas, tetapi berusaha memperoleh pencapaian paling maksimal yang sesuai dengan standar kinerja proyek dalam hal biaya, mutu, waktu dan keselamatan kerja yang ditetapkan sebelumnya. Untuk mendapatkan produk akhir yang maksimal, segala macam kegiatan pada proses manajemen proyek direncanakan dengan sedetail mungkin untuk mengurangi penyimpangan.

2.3 Perencanaan Proyek

Menurut Husen (2008:77), perencanaan merupakan salah satu fungsi vital dalam kegiatan manajemen proyek. Untuk mencapai tujuan, manajemen harus membuat langkah-langkah proaktif dalam melakukan perencanaan yang komprehensif agar sasaran dan tujuan dapat tercapai. Tujuan perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi persyaratan

spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan biaya, mutu dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*). Proses perencanaan harus dapat mengantisipasi situasi proyek yang belum jelas dan penuh ketidakpastian. Produk dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya, yaitu pelaksanaan dan pengendalian.

2.3.1 Sistematika Perencanaan Proyek

Proses perencanaan mengharuskan para pemimpin dan pelaksana proyek untuk aktif berpikir dan bersuara mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan. Menurut Soeharto (1997:108), proses penyusunan perencanaan proyek yang lengkap minimal meliputi proses sebagai berikut.

1. Menentukan tujuan

Tujuan (*goal*) suatu organisasi atau perusahaan dapat diartikan sebagai pedoman yang memberikan arah gerak segala kegiatan yang hendak dilakukan.

2. Menentukan sasaran

Sasaran merupakan titik tertentu yang perlu dicapai bila organisasi tersebut ingin tercapai tujuannya. Kegiatan proyek termasuk sebagai kegiatan dengan sasaran yang telah ditentukan dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.

3. Mengkaji posisi awal terhadap tujuan

Mengkaji posisi dan situasi awal terhadap tujuan atau sasaran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan posisi organisasi pada saat awal terhadap sasaran yang telah ada.

4. Memilih alternatif

Dalam usaha meraih tujuan atau sasaran, tersedia berbagai pilihan tindakan atau cara mencapai tujuan yang diinginkan. Umumnya ditempuh dengan pilihan yang menyajikan cara yang paling efisien dan ekonomis dari segi biaya.

5. Menyusun rangkaian langkah mencapai tujuan

Proses ini terdiri dari penetapan langkah terbaik yang mungkin dapat dilaksanakan setelah memperhatikan berbagai batasan. Kemudian menyusunnya menjadi urutan dan rangkaian menuju sasaran dan tujuan.

2.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja

sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek (Husen, 2008:133).

2.4.1 Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Pada penelitian ini metode penjadwalan yang digunakan yaitu kurva S dan *critical path method* (CPM).

2.4.1.1 Kurva S (S-Curve)

Kurva S merupakan sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Husen (2008:135), menyatakan bahwa Kurva S merupakan alat monitor dan evaluasi yang informatif, apalagi dengan tampilan kombinasi menggunakan diagram batang, sehingga pengelola proyek dapat cepat mengantisipasi, bila ada penyimpangan pada proyek.

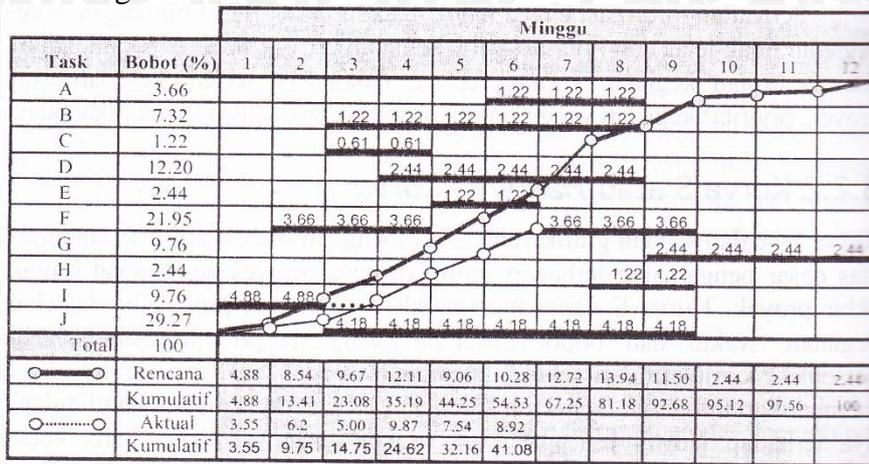
Kurva ini menunjukkan hubungan antara persentase pekerjaan yang harus diselesaikan dengan waktu dalam bentuk grafik. Biasanya grafik ini dikenal dengan sebutan Kurva S (S-Curve) dalam satuan bobot persen. Fungsi kurva S ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengontrol pelaksanaan pekerjaan pada setiap waktu, dengan membandingkan bobot persen rencana dengan persen bobot realisasi dilapangan, sehingga perubahan yang terjadi dalam pelaksanaan tidak mengganggu atau mempengaruhi waktu pekerjaan secara keseluruhan.
2. Untuk mengetahui waktu pembayaran angsuran, berdasarkan perjanjian yang ada, untuk membayar angsuran ini harus juga diperiksa perincian volume pekerjaan yang telah diselesaikan.

Terdapat dua macam bobot persentase dalam Kurva S, yaitu:

1. Bobot persen yang menyatakan perbandingan antara harga suatu jenis pekerjaan dalam waktu tertentu terhadap harga total yang tercantum dalam dokumen kontrak. Dalam hal ini grafik bobot persen menyatakan hubungan antara harga kumulatif bobot persen dengan waktu.
2. Bobot persen yang menyatakan perbandingan antara bobot suatu jenis pekerjaan dengan bobot seluruh pekerjaan. Dari bobot persen, dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara persentase kumulatif pekerjaan dengan waktu. Dari grafik dapat diketahui persentase pekerjaan yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.

Pada Gambar 2.3 ditunjukkan contoh bagan balok yang penggunaannya dikombinasikan dengan metode kurva S.



Gambar 2.3 Bagan Balok Kombinasi dengan Kurva S
Sumber: Husen (2008:136)

2.4.1.2 Critical Path Method (CPM)

Menurut Soeharto (1997:197), pada metode jaringan kerja atau *Critical Path Method* (CPM) dikenal adanya jalur kritis, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

CPM pada umumnya dipakai pada proyek konstruksi yang menitik beratkan pada aspek perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya (Soeharto, 1997:194). Pada CPM, dipakai cara deterministik, yaitu memakai satu angka estimasi. Jadi kurun waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dianggap diketahui dan nanti pada tahap berikutnya, diadakan pengkajian lebih lanjut apakah kurun waktu tersebut dapat diperpendek.

Menurut Soeharto (1997:197), dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan rumus perhitungan sebagai berikut:

1. TE = E (*Earliest Time of Occurance*), yaitu waktu paling awal suatu kegiatan dapat terjadi, karena menurut jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai.
2. TL = L (*Latest Allowable Event/Occurance Time*), yaitu waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.
3. ES (*Earliest Start Time*), yaitu waktu mulai paling awal suatu kegiatan.
4. EF (*Earliest Finish Time*), yaitu waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

5. LS (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
6. LF (*Latest Finish Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
7. D (*Duration*), yaitu kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dalam satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Terdapat dua macam perhitungan untuk mendapatkan kurun waktu penyelesaian proyek, antara lain sebagai berikut:

1. Hitungan Maju

Menurut Soeharto (1997:211), hitungan maju digunakan untuk mengetahui kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Menurut Gray & Larson (2007: 148), dalam perhitungan maju, untuk menghitung waktu aktivitas awal, perlu diingat tiga hal sebagai berikut:

- a. Menambahkan waktu aktivitas sepanjang masing-masing jalur di dalam jaringan.
- b. Membawa *finish* awal (EF) ke aktivitas berikutnya dimana ia menjadi *start* awal (ES).
- c. Kecuali aktivitas berikutnya adalah aktivitas gabungan, dalam hal ini memilih angka *finish* awal (EF) paling besar dari semua aktivitas pendahulunya.

Sehingga, waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan.

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j) \quad (2-1)$$

Sumber: Soeharto (1997:198)

Keterangan:

EF(i-j) = Waktu paling cepat selesai dari kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

ES(i-j) = Waktu paling cepat mulai dari kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

D(i-j) = Kurun waktu kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

2. Hitungan Mundur

Menurut Soeharto (1997:199), perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Perhitungan mundur dimulai dari ujung

kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Menurut Gray & Larson (2007:149), dalam perhitungan mundur perlu diingat tiga hal sebagai berikut:

- Mengurangi waktu aktivitas sepanjang masing-masing jalur mulai dengan aktivitas terakhir dari proyek.
- Membawa LS ke aktivitas mendahului berikutnya untuk menetapkan LF.
- Kecuali aktivitas mendahului berikutnya adalah aktivitas menggelembung (*burst activity*), dalam hal ini memilih LS terkecil dari semua aktivitas pengganti berikutnya untuk menetapkan LF.

Sehingga waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan bersangkutan.

$$LS(i-j) = LF(i) - D(i) \quad (2-2)$$

Sumber: Soeharto (1997:198)

Keterangan:

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai

LF = Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai

D = Kurun waktu suatu kegiatan

Menurut Gray & Larson (2007:150), jika perhitungan maju dan mundur telah dihitung, maka aktivitas mana yang dapat ditunda dapat ditentukan dengan menghitung *slack* atau *float*. *Slack* atau *float* untuk sebuah aktivitas adalah perbedaan antara LS dan ES atau antara LF dan EF. Setelah *slack* untuk setiap aktivitas dihitung, maka jalur kritis dengan mudah dapat dikenali. Jalur kritis dapat dikenali sebagai aktivitas yang juga memiliki *slack* nol ($LF - EF = 0$ atau $LS - ES = 0$). Jalur kritis adalah jalur jaringan yang memiliki *slack* paling sedikit.

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (2-3)$$

Sumber: Soeharto (1997:198)

Keterangan:

TF = Total *float*

LF = Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai

EF = Waktu paling cepat selesai dari kegiatan

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai

ES = Waktu paling cepat mulai dari kegiatan

Menurut Soeharto (1997:202), pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, arti penting dari *float* total adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu

kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan.

2.4.2 Penjadwalan Sumber Daya

Menurut Husen (2008:146), penjadwalan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, material dan biaya dapat merupakan bagian dari *master schedule* atau dapat juga sebagai bagian yang terpisah dari *master schedule*. Tujuan penjadwalan sumber daya adalah memastikan jumlah atau jenis sumber daya dapat diketahui sejak awal dan tersedia bila dibutuhkan. Tetapi bila ketersediaan sumber daya terbatas, maka biasanya durasi proyek menjadi lebih lambat dari yang direncanakan. Sebaliknya dengan menambah jumlah sumber daya, durasi proyek dapat dipercepat. bila ketersediaan sumber daya cukup tetapi distribusi selama berlangsungnya proyek berfluktuasi, maka hal ini akan mengurangi efektivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya. Bila jumlah sumber daya yang dimiliki terbatas dan ketersediaannya tidak mencukupi, sedangkan durasi adalah batasan kurun waktu proyek, maka penjadwalan dapat dilakukan dengan perataan sumber daya (*resources levelling*).

2.4.2.1 Penjadwalan Sumber Daya Terbatas

Menurut Husen (2008:147), sumber daya yang terbatas adalah salah satu alasan mengapa penjadwalan diperlukan. Penjadwalan dimaksudkan supaya pelaksanaan proyek tetap dapat berlangsung dengan mengoptimalkan sumber daya. Sumber daya yang terbatas dikarenakan ketersediannya yang langka dapat membuat masalah besar bagi pelaksanaan proyek, karena hal tersebut akan mempengaruhi durasi proyek. Semakin sedikit jumlah ketersediannya, durasi proyek akan semakin lama karena banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan.

Terdapat dua jenis batasan (*constrains*) yang harus diperhatikan dalam penjadwalan proyek, karena batasan tersebut berpengaruh terhadap waktu kerja dari suatu kegiatan. Dua batasan tersebut adalah:

1. *Logical constraint*, yaitu batasan yang diakibatkan oleh hubungan antar kegiatan.
2. *Resources constraint*, yaitu batasan yang diakibatkan oleh ketidaktersediannya sumber daya.

2.4.2.2 Perataan Sumber Daya (*Resource levelling*)

Menurut Husen (2008:151), perataan sumber daya adalah meratakan frekuensi alokasi sumber daya dengan tujuan memastikan bahwa jumlah/jenis sumber daya dapat diketahui

dari awal dan tersedia apabila dibutuhkan. Biasanya bila jumlah sumber daya dikurangi, maka durasi akan bertambah, begitu pun sebaliknya. Hal yang perlu diperhatikan dalam perataan sumber daya adalah mengidentifikasi sumber daya yang terbatas dan yang dibutuhkan untuk seluruh jumlah durasi dari suatu proyek. Perataan sumber daya dimaksudkan agar alokasi tingkat pemakaian sumber daya dapat diketahui sehingga penyelesaian proyek menjadi lebih logis.

Terdapat beberapa pola distribusi sumber daya selama durasi proyek, yaitu:

1. Pola kebutuhan sumber daya sepanjang durasi proyek dengan bentuk berfluktuasi
2. Pola kebutuhan sumber daya sepanjang durasi proyek dengan jumlah tetap
3. Pola kebutuhan sumber daya sepanjang durasi proyek dengan bentuk bervariasi

Metode perataan sumber daya bertujuan untuk mendapatkan pola kebutuhan sumber daya yang sesuai. Metode ini dapat dilakukan dengan cara:

1. Memulai seluruh kegiatan proyek berada diantara waktu mulai paling awal (*early start time*) dan waktu mulai paling lambat (*late start time*), sehingga durasi proyek tidak bertambah.
2. Berdasarkan ketersediaan waktu yang dibatasi dengan mengatur jumlah sumber daya yang dibutuhkan.
3. Berdasarkan ketersediaan sumber daya yang terbatas dengan menambah durasi proyek.
4. Berdasarkan penjadwalan dengan membuat diagram batang nonkontinu.

2.4.3 Pengurangan Durasi Proyek

Terdapat berbagai pilihan untuk mempercepat penyelesaian proyek. Menurut Gray & Larson (2007:262), beberapa metode efektif untuk menghancurkan (*crashing*) beberapa aktivitas proyek yang spesifik ketika sumber daya yang tersedia terbatas. Beberapa metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menambah Sumber Daya

Metode paling umum dalam memperpendek durasi proyek adalah dengan menugaskan staf tambahan dan peralatan pada aktivitas.

2. *Outsourcing* Kerja Proyek

Sebuah metode umum untuk memperpendek waktu proyek adalah subkontrak sebuah aktivitas. Subkontraktor mungkin punya akses ke keahlian atau teknologi unggulan yang akan mempercepat penyelesaian aktivitas

3. Penjadwalan Lembur

Cara paling mudah untuk menambahkan lebih banyak tenaga kerja pada sebuah proyek bukanlah dengan menambahkan lebih banyak orang, tetapi dengan menjadwalkan lembur atau penambahan jam kerja.

4. Menambah Tim Proyek Inti

Salah satu keuntungan menciptakan tim inti khusus untuk menyelesaikan sebuah proyek adalah kecepatan.

2.5 Pengendalian Proyek

Pengendalian merupakan salah satu fungsi dan proses kegiatan dalam manajemen proyek yang sangat mempengaruhi hasil akhir proyek dengan tujuan utama yaitu meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama proses berlangsungnya proyek. Menurut Mockler (1972) dalam Husen (2008:161), pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan tujuan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan, kemudian melakukan tindakan koreksi yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan.

Menurut Soeharto (1997:117), proses pengendalian proyek dapat diuraikan menjadi langkah-langkah berikut.

1. Menentukan Sasaran

Sasaran pokok proyek adalah menghasilkan produk atau instalasi dengan batasan anggaran, jadwal, dan mutu yang telah ditentukan. Sasaran ini menjadi salah satu faktor pertimbangan utama dalam mengambil keputusan untuk melakukan investasi atau membangun proyek, sehingga sasaran tersebut merupakan tonggak tujuan dari kegiatan pengendalian.

2. Definisi Lingkup Kerja

Untuk memperjelas sasaran maka lingkup proyek didefinisikan lebih lanjut, yaitu mengenai ukuran, batas, dan jenis pekerjaan apa saja yang harus dilakukan untuk menyelesaikan lingkup proyek keseluruhan.

3. Menentukan Standard dan kriteria

Dalam usaha mencapai sasaran secara efektif dan efisien, perlu disusun suatu standar, kriteria atau spesifikasi yang dipakai sebagai tolak ukur untuk membandingkan dan menganalisis hasil pekerjaan.

4. Merancang Sistem Informasi

Satu hal yang perlu ditekankan dalam proses pengendalian proyek adalah perlunya suatu sistem informasi dan pengumpulan data yang mampu memberikan keterangan tepat, cepat dan akurat.

5. Mengkaji dan Menaganalisis Hasil Pekerjaan

Langkah ini berarti mengkaji segala sesuatu yang dihasilkan oleh langkah sebelumnya. Disini diadakan analisis atas indicator yang diperoleh dan mencoba membandingkan dengan kriteria dan standar yang ditentukan. Hasil analisis ini digunakan sebagai landasan dan dasar tindakan pembedulan.

6. Mengadakan Tindakan Perbaikan

Apabila hasil analisis menunjukkan adanya indikasi yang cukup berarti, maka perlu diadakan langkah-langkah pembedulan. Tindakan pembedulan dapat berupa relokasi sumber daya, penambahan tenaga kerja dan perubahan metode, cara dan prosedur atau mengganti peralatan yang digunakan.

2.5.1 Aspek Pengendalian Proyek

Menurut Soeharto (1997:120), pengendalian proyek bertujuan untuk memantau dan membimbing pelaksanaan pekerjaan agar sesuai dengan perencanaan. Garis besar area atau objek pengendalian proyek adalah sebagai berikut.

1. Organisasi dan Personil

Dengan cara memantau apakah organisasi pelaksana proyek dibentuk sesuai rencana, pengisian personil telah memenuhi kualifikasi dan jumlahnya telah mencukupi.

2. Waktu dan Jadwal

Dalam aspek ini, objek pengendalian amat ekstensif dan berlangsung sepanjang siklus proyek. Untuk proyek engineering, manufaktur dan konstruksi (E-MK) objek utama adalah kegiatan engineering, pengadaan, fabrikasi dan konstruksi.

3. Anggaran Biaya dan Jam Orang

Pengendalian anggaran dan pemakaian jam orang berlangsung sepanjang siklus proyek, dengan potensi paling mungkin keberhasilan yang besar berada di awal proyek sewaktu merumuskan definisi lingkup kerja.

4. Pengendalian Pengadaan

Penekanan pengendalian pengadaan di samping aspek biaya, jadwal dan mutu, juga termasuk masalah prosedur dan peraturan yang diberlakukan.

5. Pengendalian Lingkup Kerja

Pengendalian lingkup kerja erat hubungannya dengan aspek biaya. Ini penting dilakukan pada tahap *engineering*, karena disini banyak sekali alternatif yang bisa dipilih.

6. Pengendalian Mutu

Mencakup masalah yang cuukup luas dengan tujuan pokok adalah produk proyek harus dalam keadaan *fitness for use* (sesuai untuk digunakan) mulai dari menyusun program *quality control* sampai kepada inspeksi dan uji coba operasi.

7. Pengendalian Kinerja

Memantau serta mengendalikan aspek biaya dan jadwal secara terpadah tidak memberikan penjelasan perihal kinerja pada saat pelaporan. Ada kemungkinan biaya yang dikeluarkan per unitnya melebihi anggaran. Hal ini dapat berakibat proyek secara keseluruhan kekurangan dana. Untuk mengkaji kemungkinan terjadinya hal-hal demikian diperlukan pemantauan dan pengendalian kinerja.

2.5.2 Pengendalian Kinerja Proyek dengan *Earned Value Method*

Menurut Soeharto (1997:268), *earned value* atau konsep nilai hasil adalah konsep menghitung besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan. Bila ditinjau dari jumlah pekerjaan yang diselesaikan berarti konsep ini mengukur besarnya unit pekerjaan yang telah diselesaikan, pada suatu waktu bila dinilai berdasarkan jumlah anggaran yang disediakan untuk pekerjaan tersebut. Dengan perhitungan ini diketahui hubungan antara apa yang sesungguhnya telah dicapai secara fisik terhadap jumlah anggaran yang telah dikeluarkan. Rumus konsep *earned value* ditunjukkan pada rumus (2-1).

$$\text{Nilai Hasil (Earned Value)} = \% \text{ Penyelesaian} \times \text{Anggaran} \quad (2-4)$$

Sumber: Soeharto (1997:269)

Konsep dasar nilai hasil dapat dipergunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat perkiraan pencapaian sasaran. Indikator dalam konsep *earned value* antara lain sebagai berikut:

1. BCWS (*Budgeted Cost Work Schedule*)

Anggaran rencana sampai pada periode tertentu terhadap volume rencana proyek yang akan dikerjakan. Terjadi perpaduan antara biaya, jadwal dan lingkup kerja, dimana pada setiap elemen pekerjaan telah diberi alokasi biaya dan jadwal yang dapat menjadi tolak ukur dalam pelaksanaan proyek.

2. **BCWP (*Budgeted Cost Work Performed*)**

Anggaran rencana proyek pada periode tertentu terhadap apa yang telah dikerjakan pada volume pekerjaan actual. Pada BCWP dapat dilihat nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut.

3. **ACWP (*Actual Cost Work Performed*)**

Jumlah biaya actual yang dihabiskan dari pelaksanaan pekerjaan pada keadaan *volume* pekerjaan actual. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan pada tanggal pelaporan, yaitu catatan segala pengeluaran biaya actual dari paket kerja atau kode akuntansi termasuk perhitungan *overhead* dan lain-lain.

2.5.2.1 Variansi Biaya dan Waktu

Berbekal ketiga indikator, yaitu BCWS, BCWP, dan ACWP yang digunakan untuk pengendalian proyek dapat mengatasi analisis kemajuan proyek (Soeharto, 1997:271). Varians yang dihasilkan disebut dengan varians biaya terpadu atau *cost variance* (CV) dan varians jadwal terpadu atau *schedule variance* (SV).

1. *Cost variance* merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan biaya actual yang terjadi selama pelaksanaan proyek.

$$CV = BCWP - ACWP \quad (2-5)$$

Sumber: Soeharto (1997:271)

Pada *cost variance* bernilai negatif menunjukkan bahwa biaya actual yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan lebih tinggi dari nilai yang dianggarkan atau disebut *cost overrun*.

Pada *cost variance* bernilai nol menunjukkan bahwa biaya actual yang dikeluarkan pekerjaan terlaksana sesuai dengan anggaran biaya. Pada *cost variance* bernilai positif menunjukkan bahwa biaya actual yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan kurang dari nilai yang dianggarkan atau disebut *cost underrun*.

2. *Schedule variance* merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan anggaran dana yang telah direncanakan untuk paket-paket pekerjaan.

$$SV = BCWP - BCWS \quad (2-6)$$

Sumber: Soeharto (1997:271)

Pada *schedule variance* bernilai negatif menunjukkan terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek terhadap rencana atau disebut *schedule underrun*. Pada *schedule variance* bernilai nol menunjukkan ketepatan penyelesaian proyek terhadap rencana.

Pada *schedule variance* bernilai positif menunjukkan terjadinya percepatan penyelesaian proyek terhadap rencana atau disebut *schedule overrun*.

2.5.2.2 Indeks Kinerja Biaya dan Waktu

Dalam memonitoring kemajuan proyek, efisiensi penggunaan sumber daya dinyatakan sebagai indeks produktivitas atau indeks kinerja (Soeharto, 1997:273). Terdapat dua macam indeks kinerja, yaitu indeks kinerja biaya (*cost performance index*) dan indeks kinerja waktu/jadwal (*schedule performance index*).

$$\text{Indeks Kinerja Biaya (CPI)} = \text{BCWP} / \text{ACWP} \quad (2-7)$$

$$\text{Indeks Kinerja Jadwal (SPI)} = \text{BCWP} / \text{BCWS} \quad (2-8)$$

Sumber: Soeharto (1997:273)

dengan:

BCWS = *Budgeted Cost Work Schedule*

BCWP = *Budgeted Cost Work Performed*

ACWP = *Actual Cost Work Performed*

Hasil nilai CPI menunjukkan bobot nilai yang diperoleh terhadap biaya yang dikeluarkan. Nilai CPI lebih dari satu menunjukkan biaya aktual yang dikeluarkan kurang dari anggaran yang direncanakan atau terjadi *cost underrun*. Nilai CPI sama dengan nol menunjukkan biaya actual yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang direncanakan. Nilai CPI kurang dari satu menunjukkan biaya aktual yang dikeluarkan lebih dari anggaran yang direncanakan atau terjadi *cost overrun*.

Hasil nilai SPI menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang mampu diselesaikan terhadap satuan pekerjaan yang direncanakan. Nilai SPI lebih dari satu menunjukkan *progress* pengerjaan aktual lebih cepat dari yang direncanakan atau terjadi percepatan proyek (*schedule overrun*). Nilai SPI kurang dari satu menunjukkan *progress* pengerjaan aktual lebih lambat dari yang direncanakan atau terjadi keterlambatan proyek (*schedule overrun*).

2.5.2.3 Prediksi Biaya Penyelesaian Akhir Proyek

Menurut Soeharto (1997:273), pembuatan prakiraan biaya atau jadwal penyelesaian proyek yang didasarkan atas hasil analisis indikator yang diperoleh pada saat pelaporan, akan memberikan petunjuk besarnya biaya pada akhir proyek atau ETC (*estimate at completion*). Dengan kata lain memberikan proyeksi mengenai akhir proyek atas dasar angka yang diperoleh pada saat pelaporan.

Bila dianggap kinerja biaya pada pekerjaan tersisa adalah tetap seperti pada saat pelaporan, maka perkiraan biaya untuk pekerjaan tersisa atau ETC (*estimate to completion*) adalah sama besar dengan anggaran pekerjaan tersisa dibagi indeks biaya seperti yang ditunjukkan pada rumus (2-6).

$$ETC = (\text{Ang} - \text{BCWP})/\text{CPI} \quad (2-9)$$

Sumber: Soeharto (1997:280)

dengan:

Ang = Anggaran proyek keseluruhan

BCWP = *Budgeted Cost Work Performed*

CPI = Indeks kinerja biaya

Setelah menghitung nilai ETC (*estimate to completion*), dilakukan perhitungan perkiraan total biaya proyek atau EAC (*estimated at completion*) yang merupakan penjumlahan jumlah pengeluaran sampai pada saat pelaporan ditambah perkiraan biaya untuk pekerjaan tersisa seperti yang ditunjukkan pada rumus (2-7).

$$EAC = \text{ACWP} + \text{ETC} \quad (2-10)$$

Sumber: Soeharto (1997:280)

dengan:

ACWP = Biaya aktual pelaksanaan proyek (*Actual Cost Work Performed*)

ETC = Perkiraan biaya pekerjaan tersisa (*Estimate to Completion*)

2.5.2.4 Prediksi Waktu Penyelesaian Akhir Protek (*Time Estimated*)

Waktu keseluruhan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dapat diperkirakan dengan menggunakan asumsi bahwa kecenderungan angka kinerja jadwal akan sama seperti pada pelaporan terakhir proyek.

$$TE = \text{ATE} + \frac{[\text{OD} - (\text{ATE} \times \text{SPI})]}{\text{SPI}} \quad (2-11)$$

Sumber: Soeharto (1997:280)

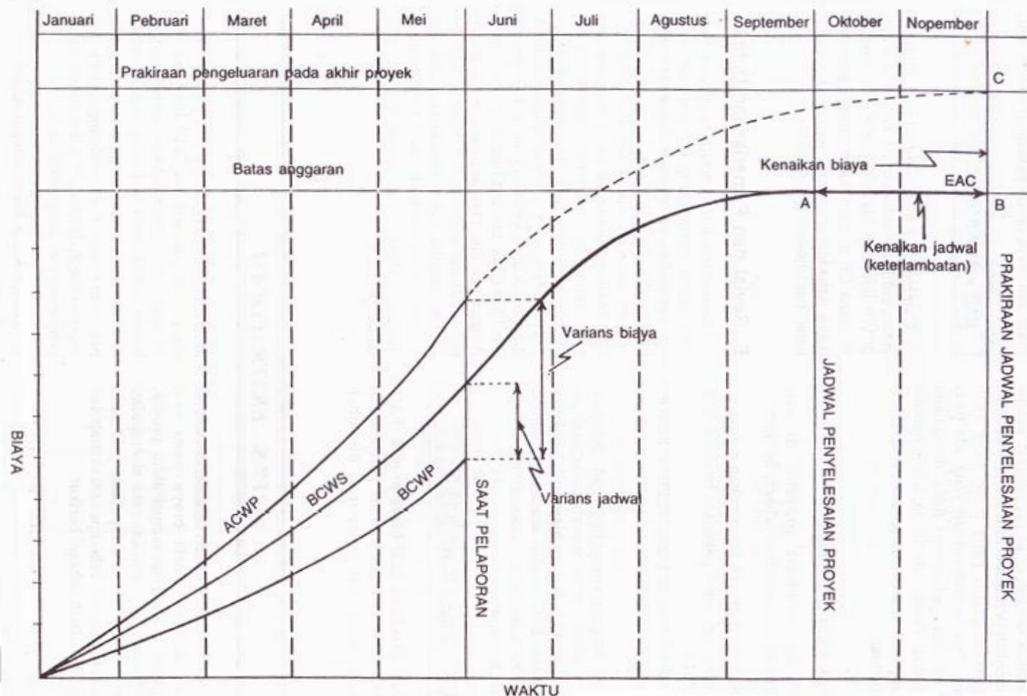
dengan:

TE = Perkiraan waktu penyelesaian (*time estimated*)

ATE = Waktu yang telah ditempuh (*actual time expended*)

OD = Waktu yang direncanakan (*original duration*)

Pada Gambar 2.4 ditunjukkan kurva S dengan informasi perkiraan jadwal dan besarnya biaya pada akhir proyek atau EAC (*estimated at completion*) pada akhir proyek.



Gambar 2.4 Kurva S dengan perkiraan jadwal dan biaya pada akhir proyek
Sumber: Soeharto (1997:279)

2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Menurut IMIDAP (2009:1), mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu.

Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat kedalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Mikrohidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2,5 meter dapat dihasilkan listrik 400 watt. Relatif kecilnya energi

yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan dengan PLTA skala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Perbedaan antara Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan mikrohidro terutama pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan, PLTA dibawah ukuran 10 MW digolongkan sebagai mikrohidro.

Dengan demikian, sistem pembangkit mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan (IMIDAP, 2009:7). Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga listrik mikrohidro adalah sebagai berikut.

1. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
2. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
5. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

