

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Jaringan Kerja**

##### **2.1.1 Umum**

Dalam pengelolaan proyek selalu diperlukan suatu metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut Metode Analisis Jaringan Kerja, yaitu penyajian perencanaan dan pengendalian, khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis dapat dipergunakan.

Jaringan kerja adalah termasuk teknik bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek, yang beberapa tahun terakhir berkembang cukup pesat. Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam bidang manajemen, termasuk didalamnya adalah manajemen proyek. Perkembangan ini sangatlah berguna bagi pengelolaan proyek-proyek pembangunan yang bergerak dalam bidang jasa konstruksi, karena banyak dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan, manajerial, pengawasan atau kontrol, perencanaan dan penjadualan dengan kegiatan operasional yang lebih efisien.

Metode jaringan kerja diperkenalkan menjelang akhir dekade 50-an, dalam usaha mengembangkan suatu sistem kontrol, yang dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan

yang kompleks dalam masalah desain, engineering, konstruksi, dan pemeliharaan.. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis atau *Critical Path Method-CPM*. Sistem ini menggunakan teknik penyajian secara grafis dengan memakai diagram anak panah, lingkaran serta kaidah-kaidah dasar logika ketergantungan dalam menyusun urutan kegiatan. Dalam memperkirakan kurun waktu kegiatan menggunakan satu angka estimasi dan dalam praktek lebih banyak digunakan oleh kalangan industri atau proyek engineering konstruksi. Metode ini dianggap mampu menyusun teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan unsur proyek, dan selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Dari segi penyusunan jadual, jaringan kerja merupakan langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi pemecahan jawaban permasalahan dari metode bagan balok mengenai lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek, penentuan kegiatan-kegiatan kritis dan pengaruh keterlambatan terhadap sasaran jadual penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Jaringan kerja juga sangat berguna untuk menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks. Serta mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya, dalam rangka usaha-usaha meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumberdaya. Selain itu penggunaan metode jaringan kerja ini dapat mengidentifikasi jalur kritis dan float (tenggang waktu).

### 2.1.2 Bagan Balok

Metode perencanaan yang paling sederhana adalah bagan balok, yang mudah dibuat dan dipahami. Bagan balok ini sering digunakan dalam proyek yang sederhana dan tidak terlalu rumit. Untuk proyek yang cukup besar dan rumit penggunaan bagan balok masih kurang sempurna dibandingkan dengan jaringan kerja. Namun demikian bagan balok dewasa ini masih digunakan secara luas, baik berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain. Hal itu disebabkan karena bagan balok mudah dibuat dan dipahami sehingga amat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Selain sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi, bila digabungkan dengan grafik "S" dapat dipakai untuk aspek yang lebih luas.

Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian, dan pada saat pelaporan. Pada sumbu tegak, dicatat pekerjaan atau elemen atau paket kerja dari hasil penguraian lingkup suatu proyek, dan dilukis sebagai balok. Sedang pada sumbu mendatar, ditulis satuan waktu misalnya hari, minggu atau bulan.

Pada waktu membuat bagan balok telah diperhatikan urutan kegiatan, meski belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain, sehingga sulit mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadual keseluruhan proyek. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaharuan segera menjadi tertinggal dan menurun daya gunanya. Untuk proyek

berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan mengalami kesulitan menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang memiliki keterkaitan tersendiri, sehingga mengurangi kemampuan penyajian secara sistematis. Oleh karena itu metode bagan balok sering digunakan bersama-sama dengan metode jaringan kerja yang merupakan peningkatan dari metode bagan balok.

### 2.1.3 Diagram Jaringan Kerja.

Diagram jaringan kerja adalah visualisasi proyek berdasarkan perencanaan jaringan kerja. Berupa jaringan yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek. Dengan diagram ini dapat segera dilihat keterkaitan antar kegiatan, sehingga jika sebuah kegiatan terlambat dapat segera diketahui kegiatan apa saja yang dipengaruhi oleh keterlambatan tersebut dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kemajuan proyek. Dari diagram juga dapat diketahui kegiatan mana saja yang kritis. Dengan mengetahui tingkat kekritisannya, dapat ditetapkan skala prioritas dalam menangani masalah-masalah yang timbul, serta usaha-usaha dapat diarahkan dan dimulai sedini mungkin untuk membuat peristiwa kritis tersebut terlaksana tepat pada waktunya, sehingga proyek terhindar dari keterlambatan. Selain itu juga dimaksudkan sebagai penyajian secara grafis suatu perencanaan proyek, maka penampakan denahnya (*layout*) harus mencerminkan maksud tersebut. Dalam arti jelas, singkat, teratur dan sederhana, karena akan memberikan kesan bahwa jaringan kerja dibuat dengan perhatian penuh sampai pada masalah-masalah yang rinci.

#### **2.1.4 Jaringan Kerja Dalam Metodologi Manajemen Proyek**

Untuk menyiapkan jaringan kerja proyek secara lengkap, dalam arti siap pakai untuk tugas-tugas perencanaan, menyusun jadual pekerjaan, dan tolok ukur pengendalian, dibutuhkan proses panjang dan bertingkat-tingkat. Hal ini diawali dengan teknik membuat jaringan kerja, dan diakhiri dengan meningkatkan kualitasnya antara lain dengan pemerataan penggunaan sumber daya. Pada pembuatannya, jaringan kerja harus didasarkan pada kaidah yang telah ditentukan.

Proses menyusun jaringan kerja oleh beberapa kepustakaan sering diasosiasikan dengan metodologi manajemen proyek, terutama dalam aspek perencanaan dan pengendalian. Hal ini disebabkan karena luasnya jangkauan dalam proses menyusun jaringan kerja, yaitu dari mengkaji dan mengidentifikasi kegiatan-kegiatan lingkup proyek, menguraikan menjadi komponen-komponen, sampai kepada menyusun kembali menjadi urutan yang didasarkan atas logika ketergantungan, sehingga memerlukan pengetahuan akan seluk beluk lingkup proyek yang dihadapi.

Demikian pula halnya dengan penyediaan sumber daya untuk melaksanakan setiap kegiatan serta prioritas mengalokasikannya. Proses menyusun jaringan kerja ini sering harus dilakukan berulang-ulang sebelum sampai pada suatu perencanaan atau jadual yang dianggap cukup realistis. Dalam pada itu, suatu jaringan kerja yang tersusun dengan benar akan memberikan gambaran dari suatu proyek, yang pada giliran selanjutnya merupakan sarana komunikasi yang efektif bagi semua pihak yang berkaitan dengan penyelenggaraan proyek. Disinilah letak hasil tidak langsung

tetapi amat penting dari penggunaan jaringan kerja sebagai metodologi manajemen proyek. Adapun sistematika lengkap dari proses penyusunan jaringan kerja adalah:

#### 1. Langkah Pertama

Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan atau memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan/kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.

#### 2. Langkah Kedua

Menyusun komponen-komponen tersebut pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan. Urutan ini dapat berbentuk seri dan/atau paralel.

#### 3. Langkah Ketiga

Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek, seperti tersebut pada langkah pertama.

#### 4. Langkah Keempat

Mengidentifikasi jalur kritis dan float pada jaringan kerja. Jalur kritis ialah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Sedangkan *float* adalah “tenggang waktu” suatu kegiatan tertentu yang nonkritis dari proyek.

#### 5. Langkah Kelima

Bila semua langkah-langkah di atas telah diselesaikan, dilanjutkan dengan usaha-usaha meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumberdaya. Salah satunya dengan meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya.

### 2.1.5 Metode Jalur Kritis.

Pada metoda jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu 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 dengan kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis bermakna penting, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

#### 1. Terminologi dan Hitungan

Dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan perhitungan sebagai berikut:

**TE=E** Waktu paling awal peristiwa (*node/event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*), yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai, karena menurut aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu sudah selesai.

**TL=L** Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event Occurance Time*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.

**ES** Waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest StartTime*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

- EF** Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*). Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- LS** Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
- LF** Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- D** Kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Adapun perhitungan yang dipergunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis dan float adalah dengan cara hitungan maju dan hitungan mundur. Perhitungan ini menunjukkan bagaimana proses memperkirakan waktu penyelesaian proyek. Waktu penyelesaian proyek umumnya tidak sama dengan total waktu masing-masing kegiatan yang menjadi umur proyek, karena adanya kegiatan-kegiatan yang paralel.

#### **a. Hitungan Maju**

Hitungan maju dimulai dari ujung kiri, merupakan peristiwa pertama menandai dimulainya proyek. Dengan pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi = 0. Aturan-aturan yang berlaku adalah sebagai berikut.

- Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai.



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

$$EF = ES + D \text{ atau } EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j).$$

- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

### **b. Hitungan Mundur**

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir yang “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Aturannya adalah:

- Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan, atau  $LS=LF-D$
- Jika suatu kegiatan memiliki (memecah menjadi) 2 atau lebih kegiatan-kegiatan berikutnya, maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil

## **2. Jalur Kritis dan Float**

Jalur kritis memerlukan perhatian maksimal, terutama pada periode perencanaan dan implementasi pekerjaan atau kegiatan yang bersangkutan, misalnya

diberikan prioritas utama dalam alokasi sumber daya yang dapat berupa tenaga kerja, peralatan atau penyelia. Pengalaman menunjukkan kegiatan-kegiatan kritis proyek umumnya kurang dari 20% total pekerjaan, sehingga memberikan perhatian lebih kepadanya dianggap tidak akan mengganggu kegiatan yang lain bila telah direncanakan dengan baik. Sifat atau syarat umum jalur kritis adalah:

- a. Pada kegiatan pertama:  $ES = LS + 0$  atau  $E(1) = L(1) = 0$
- b. Pada kegiatan terakhir atau terminal:  $LF = EF$
- c. Float total:  $TF = 0$

Sedangkan tenggang waktu (float) adalah waktu yang diperkenankan untuk menggeser-geser kegiatan suatu proyek, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Konsep waktu tenggang dan definisi khusus mengenai tiga kemungkinan variasinya, kadang tidak mudah dipahami. Tetapi akan menjadi lebih jelas saat penerapannya sewaktu menjadual sumber daya.

#### **a. Float Total**

Float total (TF) adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedang semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin.

Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya, maka float total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain pada jalur tersebut adalah sama dengan

float total semula, dikurangi bagian yang telah dipakai. Float total dapat dihitung dengan rumus:

- $TF = LF - EF = LS - ES$  atau
- $TF = L(j) - E(i) - D(i-j)$

#### **b. Float Bebas**

Float bebas (FF) terjadi bilamana semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan dimulai seawal mungkin. Besarnya FF suatu kegiatan adalah sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya ataupun peristiwa yang lain pada jaringan. Dengan kata lain float bebas dimiliki oleh satu kegiatan tertentu. Float bebas suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatan dimaksud.

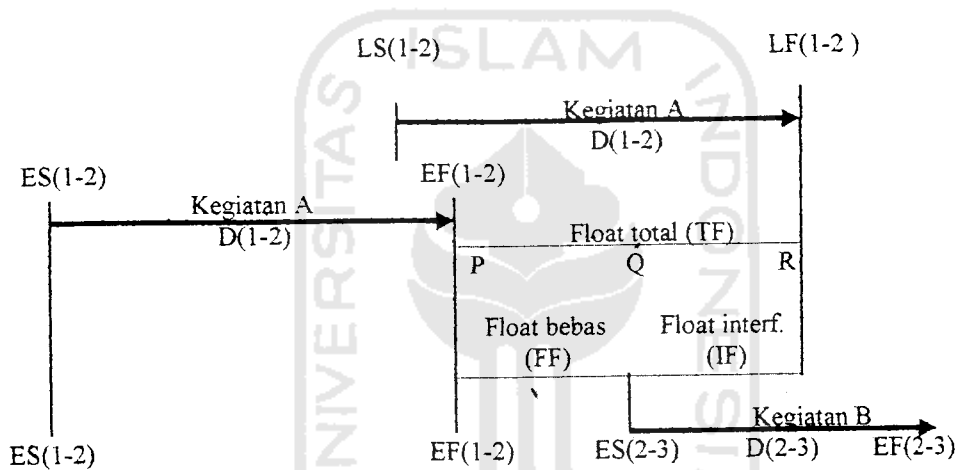
#### **c. Float Interferen**

Float interferen (IF) adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari IF sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadualkan kembali (digeser) meski tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

- $IF = TF - FF$

Hubungan antara ketiga float tersebut dijelaskan dengan keterangan dan bagan balok seperti pada gambar 2.2. Terdapat tiga kegiatan yaitu, kegiatan A dengan waktu mulai paling awal  $ES(1-2)$ , kegiatan A dengan waktu mulai paling akhir  $LS(1-2)$  dan kegiatan B dengan waktu mulai paling akhir  $ES(2-3)$ . Float total didapatkan

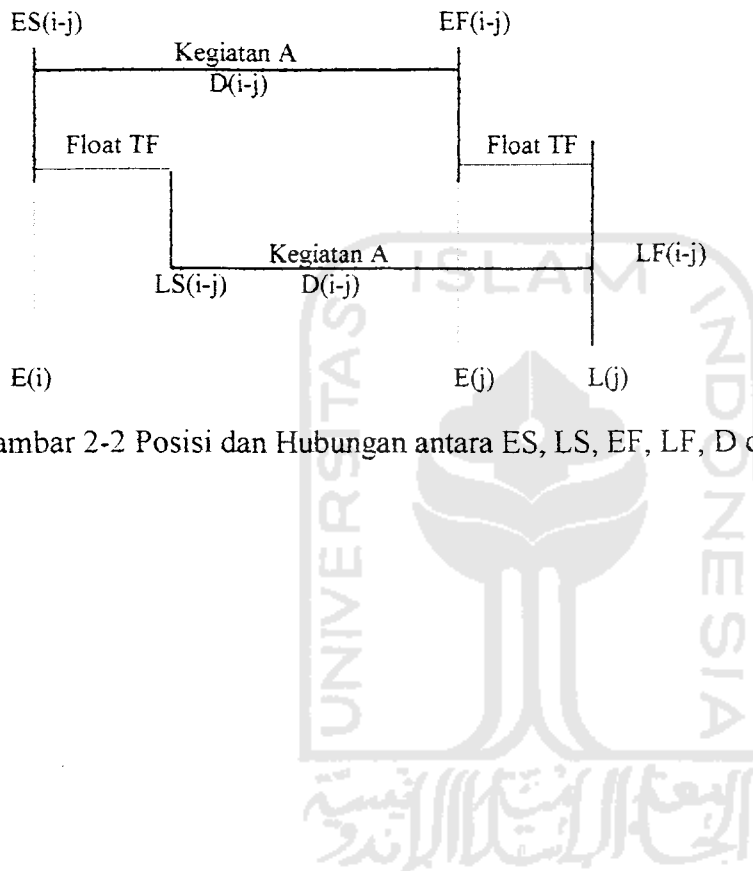
dari mengurangi  $LF(1-2) - EF(1-2)$ , yaitu sebesar PR. Diandaikan ES dari kegiatan berikutnya, yaitu kegiatan B mulai dari titik Q, maka sesuai rumus float bebas dari kegiatan A adalah sebesar  $ES(2-3) - EF(1-2)$ , yaitu sama dengan PQ. Terlihat bahwa Q dalam contoh hanya dimiliki oleh kegiatan A. Adapun float interferen adalah sebesar float total dikurangi float bebas atau sama dengan  $PR - PQ = QR$



Gambar2.1 Hubungan Float Total, Float Bebas dan Float Interferen

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek float total mempunyai arti penting. Dengan memiliki float total, pelaksanaan dalam jalur yang bersangkutan dapat ditunda atau diperpanjang sampai batas tertentu, yaitu sampai float total = 0. Jadi dapat dipilih kapan mulai atau selesainya suatu kegiatan tanpa mempengaruhi jadwal secara keseluruhan. Gambar 2-2 menunjukkan posisi dan hubungan float total dan parameter yang lain, juga terlihat bahwa float total dapat berada di awal mulainya kegiatan (ES) atau di ujung penyelesaian paling akhir (LS), bahkan dapat dipecah-pecah sesuai kebutuhan, asal masih dalam batas  $L(j) - E(i)$ . Memahami pengertian ini

bagi pengelola proyek akan sangat berguna, terutama untuk memecahkan masalah pemerataan penggunaan sumber daya (*resource leveling*).



Gambar 2-2 Posisi dan Hubungan antara ES, LS, EF, LF, D dan Float Total.

## 2.2 Perencanaan Sumber Daya Manusia

### 2.2.1 Umum

Dalam penyelenggaraan proyek, sumber daya manusia yang berupa tenaga kerja merupakan faktor penentu keberhasilan suatu proyek. Jenis dan intensitas kegiatan proyek berubah dengan cepat sepanjang siklusnya, sehingga penyediaan jumlah tenaga, jenis ketrampilan, dan keahlian harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Bertolak dari kenyataan tersebut, suatu perencanaan tenaga kerja proyek harus meliputi perkiraan jenis dan kapan tenaga kerja diperlukan. Dengan mengetahui perkiraan angka dan jadwal kebutuhannya, maka penyediaan sumber daya baik kualitas maupun kuantitas menjadi lebih baik dan efisien.

Secara teoritis, keperluan rata-rata jumlah tenaga kerja dapat dihitung dari total lingkup kerja proyek yang dinyatakan dalam jam-orang atau bulan-orang dibagi dengan kurun waktu pelaksanaan. Hitungan ini tidak sesuai dengan kenyataan sesungguhnya, karena akan menimbulkan pemborosan dengan mendatangkan sekaligus seluruh kebutuhan tenaga kerja pada awal proyek, mengingat pada saat itu belum cukup pekerjaan tersedia. Oleh karena itu untuk merencanakan tenaga kerja proyek yang realistis perlu diperhatikan bermacam-macam faktor, diantaranya yang terpenting adalah produktivitas tenaga kerja, keterbatasan sumber daya, jumlah tenaga kerja konstruksi di lapangan dan meratakan jumlah tenaga kerja guna mencegah gejolak (*fluctuation*) yang tajam.

## 2.2.2 Produktivitas Tenaga Kerja

Dalam pelaksanaan suatu proyek, produktivitas tenaga kerja mempunyai arti yang sangat penting, karena berfungsi untuk menunjukkan besarnya volume pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh tenaga kerja terhadap waktu, yang nanti akan digunakan dalam menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka hendaknya dalam merencanakan tenaga kerja dilengkapi dengan analisis produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhi. Variabel ini banyak yang sulit untuk dinyatakan dalam nilai numerik, sehingga jika dihitung secara matematis boleh dikatakan tidak mungkin. Namun demikian perlu adanya pegangan atau tolok ukur untuk memperkirakan produktivitas tenaga kerja bagi proyek yang hendak ditangani, yaitu untuk mengukur hasil guna atau efisiensi kerja. Angka produktivitas tenaga kerja ini dapat diperoleh dari institusi atau lembaga yang terkait, yang mana merupakan angka relatif terhadap suatu angka standar yang dapat memenuhi keperluan. Namun bila implementasi fisik proyek telah dimulai, maka dapat disusun angka produktivitas tenaga kerja sesungguhnya berdasarkan kenyataan di lapangan. Adapun variabel atau faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan adalah:

### 1. Iklim, Kondisi Fisik Lapangan dan Sarana Bantu

- a. Iklim, musim dan keadaan cuaca. Adanya temperatur udara panas dan dingin serta hujan dan salju, atau kelembaban udara yang tinggi di daerah tropis dengan

- kelembaban tinggi dapat mempercepat rasa lelah tenaga kerja sehingga produktivitas tenaga kerja lapangan akan menurun.
- b. Keadaan fisik lapangan. Kondisi fisik lapangan seperti rawa, padang pasir atau tanah berbatu keras, besar pengaruhnya terhadap produktivitas. Hal yang sama akan terjadi pada tempat kerja dengan keadaan khusus, yang mana proyek akan mengalami perluasan instalasi yang telah ada, seringkali dibatasi bermacam peraturan keselamatan dan terbatasnya ruang gerak bagi pekerja atau peralatannya.
- c. Sarana bantu. Kurangnya kelengkapan sarana bantu seperti peralatan konstruksi, akan menaikkan jam-orang untuk menyelesaikan pekerjaan. Sarana bantu seperti truk, *grader*, *scraper*, *compactor* dan lain-lain harus selalu diusahakan siap pakai dengan jadwal pemeliharaan yang tepat.

## 2. Kepenyeliaan, Perencanaan dan Koordinasi

Penyelia adalah segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan tugas pengelolaan tenaga kerja, memimpin para pekerja dalam pelaksanaan tugas, juga menjabarkan perencanaan dan pengendalian menjadi langkah-langkah pelaksanaan jangka pendek, serta mengkoordinasikan dengan rekan atau penyelia lain yang terkait. Melihat lingkup tugas dan tanggung jawabnya terhadap pengaturan pekerjaan dan penggunaan tenaga kerja yang demikian, maka kualitas penyelia besar pengaruhnya terhadap produktivitas secara menyeluruh.



### 3. Komposisi Kelompok Kerja

Penyelia lapangan memimpin satu kelompok pekerja yang terdiri dari bermacam-macam pekerja lapangan seperti tukang batu, tukang besi, pembantu dan lain-lain. Komposisi kelompok kerja berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja secara keseluruhan. Yang dimaksud dengan komposisi kelompok kerja adalah:

- a. Perbandingan jam-orang penyelia dan pekerja yang dipimpinnya.
- b. Perbandingan jam-orang untuk disiplin-disiplin kerja dalam kelompok kerja. Perbandingan jam-orang penyelia terhadap total jam-orang kelompok kerja yang dipimpinnya menunjukkan indikasi besarnya rentang kendali yang dimiliki. Jam-orang yang berlebihan akan menaikkan biaya, sedangkan bila kurang akan menurunkan produktivitas. Disamping itu, perbandingan jam-orang masing-masing disiplin dalam kelompok juga mempengaruhi produktivitas.

### 4. Kerja Lembur

Untuk mengejar sasaran jadwal terkadang kerja lembur atau jam kerja yang panjangnya lebih dari 40 jam per minggu tidak dapat dihindari, meskipun hal ini akan menurunkan efisiensi kerja. Memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan kerja lembur, perlu dipertimbangkan kemungkinan kenaikan total jam-orang. Bila jumlah jam per hari dan hari per minggu bertambah maka akan menurunkan produktivitas.

## 5. Ukuran Besar Proyek

Besar proyek (dinyatakan dalam jam-orang) juga akan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan, dalam arti makin besar ukuran proyek produktivitas semakin menurun.

## 6. Pekerja Langsung Versus Subkontraktor

Dari segi produktivitas umumnya subkontraktor lebih tinggi 5-10% dibandingkan dengan pekerja langsung, ini disebabkan tenaga subkontraktor telah terbiasa dalam pekerjaan yang relatif terbatas lingkup dan jenisnya, juga prosedur dan kerjasama telah dikuasai dan terjalin lama antara pekerja maupun dengan penyelia. Meski produktivitas lebih tinggi dan jadwal penyelesaian pekerjaan potensial lebih singkat, tetapi dalam segi biaya belum tentu lebih rendah dibanding memakai pekerja langsung, karena adanya biaya *overhead* dari perusahaan kontraktor.

## 7. Pengalaman

Bila seseorang atau sekelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang relatif sama dan berulang-ulang, akan memperoleh pengalaman dan peningkatan ketrampilan, sehingga waktu atau biaya penyelesaian pekerjaan per unitnya berkurang kata lain produktivitasnya naik.

## 8. Kepadatan Tenaga Kerja

Kepadatan tenaga kerja, yaitu jumlah luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja. Jika kepadatan itu melewati tingkat jenuh, maka produktivitas tenaga kerja menunjukkan tanda-tanda menurun. Hal ini disebabkan dalam lokasi proyek tempat sejumlah buruh bekerja selalu ada kesibukan manusia, gerakan peralatan

serta kebisingan yang menyertai. Makin tinggi jumlah pekerja per area atau makin turun luas area per pekerja, maka makin “sibuk” kegiatan per area, akhirnya akan mencapai titik dimana kelancaran pekerjaan terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas.

### 2.2.3 Keterbatasan Sumber Daya

Pada proyek dengan sumber daya yang tidak terbatas, setiap kegiatan digambarkan dimulai sedini mungkin tanpa mempertimbangkan kemungkinan penundaan kegiatan yang tidak kritis, sebagaimana diperlukan untuk mengurangi kebutuhan sumber daya. Dengan demikian penyusunan jadual tidak menemui kesulitan yang berarti. Hal ini adalah tidak mungkin, karena sumber daya tidak pernah tidak terbatas, seringkali justru sangat terbatas. Keterbatasan ini berlaku pada proyek dengan bentuk dan ukuran apa saja. Karena itu usaha kita tergantung dari kapasitas sumber daya yang dapat diperoleh, dan keberhasilannya tergantung pada cara memanfaatkannya.

Masalah yang sering timbul akibat keterbatasan sumber daya adalah terjadinya kelebihan beban (*overallocation*) pada sumber daya, sebagai akibat mempekerjakan sumber daya melebihi jumlah maksimum unit sumber daya yang tersedia pada proyek dan dapat juga karena adanya tabrakan (*overlapping*) beberapa kegiatan yang secara bersamaan mempekerjakan sumber daya yang sama.

Oleh karena itu kegiatan-kegiatan harus disusun kembali sehingga pola penggunaan sumber daya akan lebih baik, dan masih sesuai dengan jaringan semula.

Artinya kegiatan-kegiatan kritis tidak diganggu, sehingga waktu penyelesaian tidak berubah. Penyesuaian hanya dilakukan pada kegiatan yang nonkritis, itupun hanya dengan memajukan atau memundurkannya sesuai dengan kendala yang ditentukan dalam jaringan. Masing-masing kegiatan hanya dapat dipindah-pindahkan di antara waktu mulai yang tercepat dan waktu mulai yang paling lambat, dari tahapan yang bersangkutan. Waktu yang dapat digunakan untuk menggeser-geser kegiatan tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan disebut waktu tenggang (*float*). Waktu tenggang inilah yang sebenarnya menentukan derajat fleksibilitas yang dapat dimanfaatkan perencana dalam usaha meratakan penggunaan sumber daya.

Pada jaringan kerja dimana pembatasan sumber daya ikut diperhitungkan, akan memberikan pengaruh terhadap jadwal. Pengaruh keterbatasan jumlah sumber daya terhadap jadwal ini dapat disimpulkan secara umum yaitu:

1. Keterbatasan sumber daya akan mengurangi jumlah float.
2. Kemungkinan akan terbentuk kegiatan kritis baru, disamping yang telah ada sebelumnya (sewaktu memakai dasar sumber daya tak terbatas).
3. Disamping tergantung pada hubungan-hubungan antar kegiatan, float juga tergantung kepada keterbatasan sumber daya.

Dengan keterbatasan yang terlalu besar dapat menimbulkan kesulitan pemakaian kaidah-kaidah yang mendasari penggunaan jaringan kerja. Misalnya, jalur kritis bukan terletak di jalur terpanjang seperti pengertian yang dipegang selama ini, tetapi di jalur yang memiliki keterbatasan sumber daya terparah.

### 2.2.4 Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Lapangan

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan selain membutuhkan metode yang baik juga diperlukan tersedianya sumber daya yang memadai. Demikian juga penempatan sumber daya yang tepat, baik secara kuantitas maupun kualitas sangat diutamakan. Sumber daya yang dimaksud disini adalah tenaga kerja lapangan yang ditempatkan berdasarkan keahliannya pada suatu pekerjaan. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan merupakan jumlah tenaga kerja total setiap pekerjaan per waktu atau durasinya. Misalnya pada pekerjaan lantai kerja tebal 5 cm pada pondasi, membutuhkan pekerja berupa tukang batu dan tenaga/buruh. Pekerjaan dilakukan dalam satuan durasi minggu dan dikerjakan selama (D) 3 minggu. Di bawah ini adalah contoh menghitung kebutuhan tenaga kerja setiap pekerjaan.

Misalnya, volume pekerjaan lantai kerja = 236 m<sup>2</sup>,

Produktivitas harian tenaga kerja (1 tukang batu, 2 tenaga/buruh) = 12 m<sup>2</sup>/hari.

Produktivitas mingguan tenaga kerja (1 minggu = 6 hari) = 12x6 = 72 m<sup>2</sup>/minggu.

Pada proses leveling bobot setiap tenaga kerja adalah sama, jadi jumlah tenaga kerja tiap produktivitas adalah 3 orang, berupa 1 tukang dan 2 tenaga.

Maka jumlah tenaga kerja total yang dibutuhkan adalah:

$$= \left[ \frac{\text{vol. pekerjaan}}{\text{produktivitas mingguan}} \right] \times \text{jumlah tenaga kerja tiap produktivitas}$$

$$= \left[ \frac{236(v)}{12 \times 6(v / \text{minggu})} \right] \times 3(\text{orang}) = 9,8333 \text{ minggu-orang}$$

Selanjutnya durasi (D) yang diperlukan selama 3 minggu, sehingga jumlah tenaga kerja tiap minggunya adalah:

$$= 9,8333/3 = 3,2778 \approx 4 \text{ orang.}$$

### 2.2.5 Menjadual Sumber Daya Manusia

Jaringan kegiatan dan peristiwa (*network*) secara sendiri-sendiri tidak dapat digunakan untuk menunjukkan berapa banyaknya sumber daya yang diperlukan pada setiap saat tertentu selama proyek berjalan. Dan memang pada waktu menyusun gambar jaringan itu biasanya tidak mempersoalkan berapa sumber daya yang dapat dikerahkan. Awal suatu kegiatan biasanya dianggap bergantung pada penyelesaian tahapan sebelumnya saja, dan bukan ada atau tidaknya orang yang tepat untuk mengerjakannya pada waktu diperlukan. Adanya kegiatan lain yang berlangsung pada waktu yang bersamaan yang memerlukan tukang dengan keahlian yang sama dari departemen yang itu juga belum dipertimbangkan dalam perencanaan. Jadi walaupun jaringan yang dibuat itu mungkin sudah baik dari segi logika urutan, mungkin saja jaringan itu masih tidak dapat diterapkan. Hal itu bukan berarti bahwa usaha membuat jaringan kerja dengan jalur kritis itu tidak ada gunanya, meskipun oleh karena terbatasnya sumber daya, waktu mulai yang secepatnya untuk beberapa kegiatan tertentu mungkin tampak seakan-akan tidak masuk akal.

Penjadualan sumber daya merupakan tindak lanjut yang penting dari perencanaan jaringan kerja. Hasil analisis waktu diperlukan untuk menentukan prioritas bila terdapat beberapa kegiatan yang saling berebut menggunakan sumber

daya yang terbatas. Keputusan mengenai penjadualan dapat dibuat berdasarkan data tersebut, misalnya dengan merencanakan penggunaan tenaga kerja subkontraktor tambahan untuk waktu selama periode kritis. Atau dengan menunda kegiatan yang tidak kritis dan mendahulukan pekerjaan yang tidak mempunyai banyak waktu tenggang (float).

#### 2.2.6 Meratakan Penggunaan Sumber Daya Manusia

Aspek yang perlu diperhatikan dalam menyusun jadwal sumber daya manusia adalah usaha memakainya secara efisien. Tenaga kerja merupakan sumber daya manusia yang penting, yang seringkali penyediaannya terbatas, baik karena faktor kualitas ataupun hal-hal lain. Merekrut, menyeleksi, dan melatih tenaga kerja memerlukan biaya mahal dan membutuhkan waktu lama sebelum mereka siap pakai. Setelah tenaga kerja bergabung dengan proyek, tidak mudah untuk melepas dan memanggil kembali untuk bekerja sesuai dengan naik turunnya pekerjaan yang tersedia. Sedangkan menahan mereka untuk *stand-by* akan menelan biaya yang dipandang tidak efisien. Karena itu, diusahakan jangan terjadi keperluan yang bersifat naik turun secara tajam (*fluctuation*). Metode CPM dapat membantu mengatasi masalah tersebut, yang dikenal sebagai pemerataan sumber daya atau *resource leveling*.

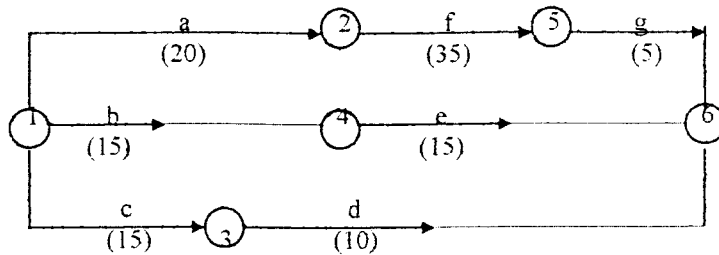
Pemerataan sumber daya manusia dilakukan dengan mengatur komponen-komponen kegiatan proyek yang berupa tenaga kerja dan waktu, dari suatu jaringan kerja yang sudah diketahui jalur kritis dan floatnya. Komponen kegiatan

diatur dengan cara menggeser-geser komponen pada kegiatan nonkritis sebatas float yang tersedia dan mengusahakan agar tidak terjadi *fluctuation* yang tajam. Penjelasan dari keterangan di atas adalah sebagai berikut.

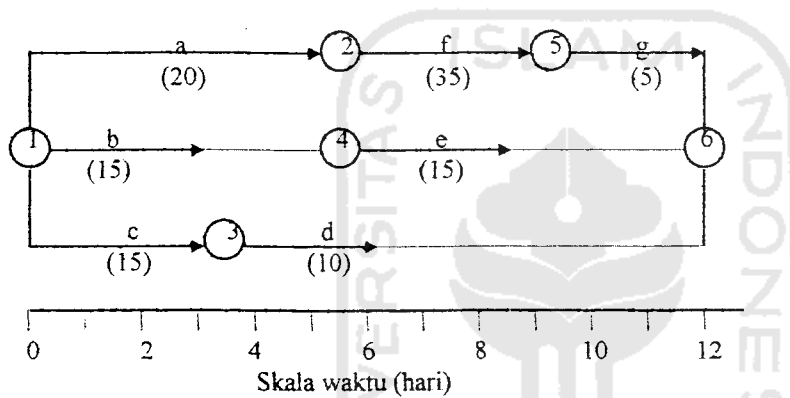
Suatu proyek terdiri dari tujuh pekerjaan yang tersusun menjadi jaringan kerja seperti pada gambar 2-3a. Setiap komponen pekerjaan memerlukan sumber daya yang berbentuk tenaga kerja berikut; kegiatan a sebanyak 20 orang selama 6 hari, kegiatan b sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan c sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan d sebanyak 10 orang selama 3 hari, kegiatan e sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan f sebanyak 35 orang selama 3 hari dan kegiatan g sebanyak 5 orang selama 3 hari.

Jaringan kerja digambarkan dengan skala waktu dan memakai ES (Early Start) untuk tiap kegiatan, sehingga akan diperoleh gambar 2-3b Selanjutnya disusun koordinat x,y, dengan y jumlah tenaga kerja dan x waktu. Gambar 2-3c merupakan pemaparan komponen pekerjaan pada koordinat, dengan terlebih dahulu dipaparkan pekerjaan kritisnya (a-f-g). Hasil pemaparan pertama menunjukkan terjadinya keadaan naik turun yang tajam (setelah hari ke-3 terjadi penurunan sejumlah 20 dari total 50 tenaga kerja yang berlangsung 3 hari, kemudian naik lagi). Hal ini diperbaiki dengan menggeser kegiatan b,d, dan e yang dimungkinkan karena memiliki float-float tersebut. Dengan demikian keperluan tenaga kerja lebih merata tidak terjadi naik turun secara tajam seperti tampak pada gambar 2-3d.

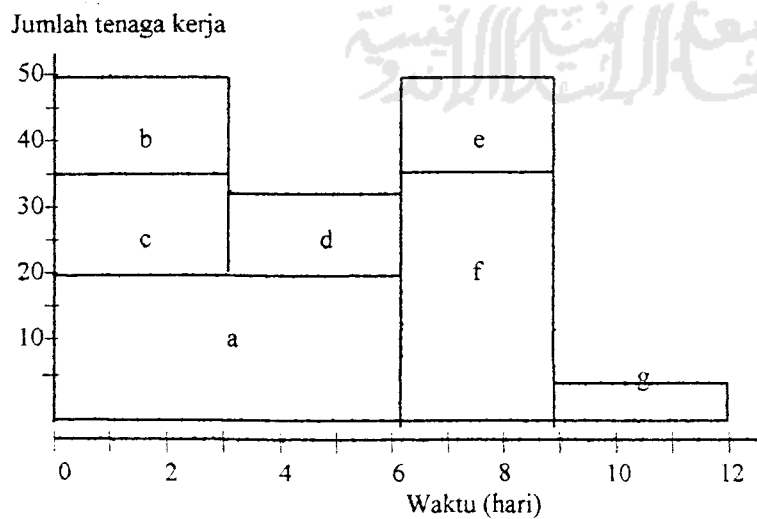




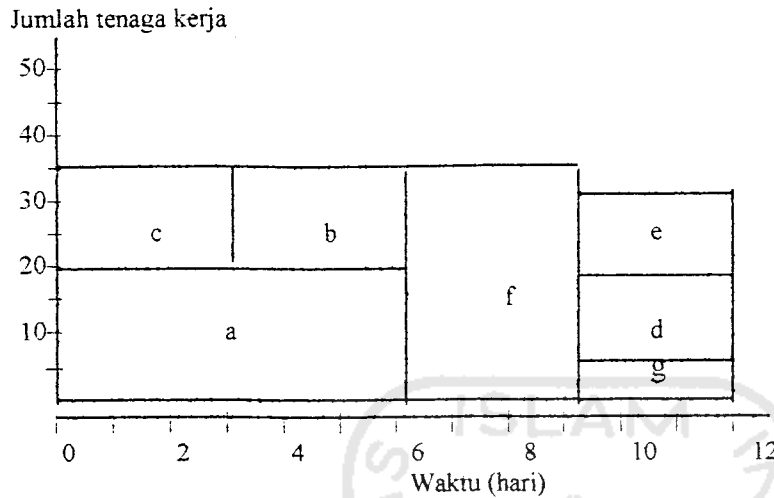
Gambar 2-3a Jaringan Kerja Proyek dengan 7 Pekerjaan.



Gambar 2-3b Jaringan Kerja Proyek Berskala Waktu.



Gambar 2-3c Pekerjaan Disusun Dengan Muatan Tenaga Kerja.



Gambar 2-3d Susunan Pekerjaan Setelah Diadakan Pemerataan.

Ilustrasi tersebut adalah contoh sederhana, yang pada kenyataan sesungguhnya cukup sulit untuk melakukan pemerataan kegiatan proyek dengan banyak kegiatan dan tenaga kerja yang heterogen. Namun dengan penggunaan perangkat lunak atau komputer kesulitan tersebut dapat diatasi.

### 1. Prosedur Perataan

Tujuan dari setiap prosedur perataan adalah untuk merencanakan atau mengatur semua pekerjaan nonkritis sehingga komponen tenaga kerja tersusun selangkah demi selangkah menuju puncak, dan kemudian dibiarkan menurun sampai selesai, tanpa ada kenaikan lagi. Dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Mengatur semua pekerjaan kritis terlebih dahulu.
2. Memulai pekerjaan nonkritis bilamana ada kenaikan ke titik dimana periode puncak tercapai.
3. Memulai pekerjaan nonkritis bilamana terjadi penurunan sehingga tidak terjadi naik turun yang tajam (*fluctuation*) dalam profil tenaga kerja.

Faktor penting dalam perataan adalah bahwa hanya waktu mulai pekerjaan nonkritis saja yang dirubah untuk menghasilkan jadwal yang rata, sedangkan lamanya proyek tidak pernah diperpanjang.

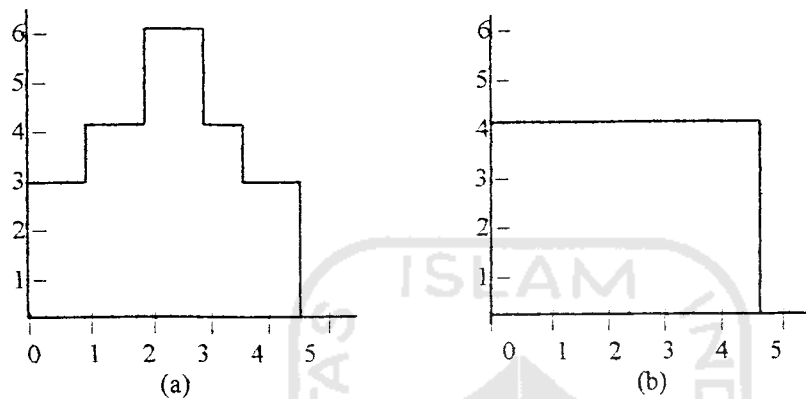
## **2. Dasar Konseptual Untuk Memperkecil Perubahan Sumber Daya**

Dalam proses perataan akan dapat menghasilkan beberapa alternatif pemecahan. Adapun pemecahan yang dapat diterima adalah jika satu puncak dipertahankan dan kemudian bertambah, untuk selanjutnya merosot sedikit demi sedikit.

Jika diminta untuk menentukan rancangan alternatif yang menyajikan tingkat penyelesaian terbesar, maka sebuah perbandingan dapat dibuat dari jumlah kuadrat sumber tenaga kerja yang diperlukan dalam setiap satuan waktu, selama jumlah kuadrat menjadi lebih kecil karena variasi penggunaan sumber tenaga kerja dari satuan waktu ke satuan waktu berkurang. Jumlah kuadrat terendah menunjukkan tingkat pemecahan terbesar.

Perbandingan jumlah kuadrat dari sumber tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap satuan waktu sangat membantu untuk memilih tingkat penyelesaian yang terbesar. Perbandingan itu membawa ke sebuah distribusi seperti empat persegi panjang sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2-2b. Jumlah kuadrat dari keperluan akan sumber tenaga kerja untuk setiap satuan waktu dalam profil ditunjukkan pada gambar 2-2a adalah 86 dan pada gambar 2-2b yang berupa empat persegi panjang adalah 80. Oleh karena itu standar ini condong menuju ke arah distribusi sumber

tenaga kerja yang seperti empat persegi panjang. Pada gambar 2.4 digambarkan dua alternatif pemecahan perataan dari profil tenaga kerja.



Gambar 2-4 Profil Alternatif Pemecahan Perataan

Profil distribusi empat persegi panjang ini merupakan suatu distribusi yang paling ideal yang pada kenyataan di lapangan dapat dikatakan hampir tidak mungkin terjadi. Adapun untuk memilih pemecahan yang menghasilkan distribusi yang lebih bertahap, seperti parabolik daripada seperti empat persegi panjang, perlu dipergunakan standar lain. Kebutuhan untuk distribusi yang demikian itu mungkin bertambah ketika dipandang perlu untuk melatih personil sebelum menempatkan mereka pada sebuah proyek. Agar menghasilkan profil sumber tenaga kerja yang parabolik, perlu untuk memperkecil perubahan sumber tenaga kerja dari hari ke hari, dengan cara memperkecil jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja dalam setiap satuan waktu.

Dalam hal ini, perbedaan merupakan ukuran dari tahapan profil sumber tenaga kerja. Gabungan sumber tenaga kerja sepanjang lamanya proyek merupakan kebutuhan akan sumber tenaga kerja yang ditetapkan. Kurva dari fungsi ini sebaiknya

dibuat sebertahap mungkin. Karena itu berubah-ubahnya rata-rata dari perbedaan fungsi kebutuhan akan tenaga kerja merupakan fungsi perubahan sumber tenaga kerja. Perubahan adalah ukuran ketidaktetapan, oleh karena itu perbedaan perubahan tenaga kerja adalah ukuran dari tahapan profil sumber tenaga kerja dan digunakan sebagai fungsi obyektif dalam menemukan profil sumber tenaga kerja yang optimum.

Pada model berikut, penggunaan tenaga kerja secara keseluruhan dan lamanya proyek telah ditetapkan. Sumber tenaga kerja tidak dihubungkan dengan aktifitas. Nanti hasil-hasilnya akan diperluas ke jaringan dasar masalah penyamarataan sumber tenaga kerja.

Definisi ini dibuat untuk perumusan model itu:

$N$  = lamanya proyek

$W$  = penggunaan sumber tenaga kerja keseluruhan

$x(k)$  = perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal  $k$

$r(k)$  = kebutuhan akan sumber tenaga kerja pada tanggal  $k$

Penggunaan sumber tenaga kerja keseluruhan  $W$  dapat ditunjukkan sebagai:

$$W = \sum_{k=1}^{N+1} \sum_{j=1}^k x(j) \quad (2-1)$$

Sumber tenaga kerja tidak boleh ditinggalkan pada akhir proyek; oleh karena itu

$$\sum_{k=1}^{N+1} x(k) = 0 \quad (2-2)$$

Fungsi obyektif merupakan perbedaan sumber tenaga kerja

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^{N+1} [x(k) - x]^2}{N} \quad (2-3)$$

dimana  $x$  adalah rata-rata perubahan sumber tenaga kerja selama proyek berlangsung dan ditunjukkan sebagai

$$x = \frac{\sum_{k=1}^{N+1} x(k)}{N+1} \quad (2-4)$$

Dari persamaan (2-2), (2-4) = nol. Dalam (2-3),  $N = \text{konstan}$  dan  $x = 0$  ; karena itu fungsi obyektif menjadi

$$Z = \sum x(k)^2 \quad (2-5)$$

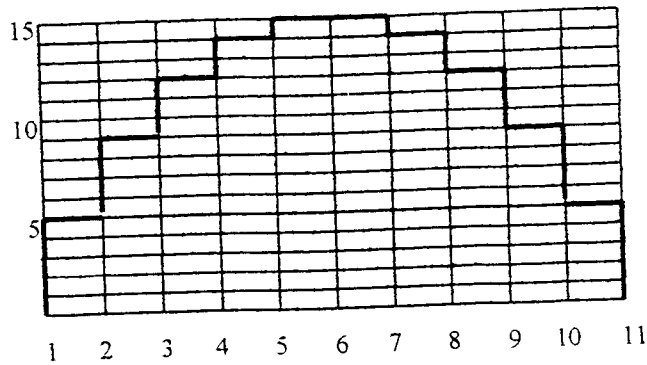
Ketika fungsi ini diperkecil dengan menggunakan angka-angka pengali Lagrangian, penyelesaiannya menghasilkan fungsi berikut ini untuk penggunaan sumber tenaga kerja tertinggi pada masing-masing hari:

$$r(k) = \sum_{j=1}^k x(j) = \frac{6W[(N+1)k - k]}{N(N+1)(N+2)} \quad (2-6)$$

Tabel 2-1 menunjukkan perencanaan sumber tenaga kerja optimal ketika  $W = 110$  dan  $N = 10$ . Gambar 2-3 adalah profil dengan sumber kerja yang optimum.

Tabel 2-1 Perencanaan Sumber Tenaga Kerja Optimal

k	Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x(k)	Resource change	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
r(k)	Resource requirement	5	9	12	14	15	15	14	12	9	5	0
W	Total Resource											110



Gambar 2-5 Profil Perataan Sumber Tenaga Kerja Optimum

### 3. Perataan Sumber Tenaga Kerja Optimum Untuk Jaringan Dasar Proyek

Pada setiap proyek, pertimbangan akan batasan kegiatan proyek adalah sangat penting, karena optimasi jaringan dasar proyek adalah dibawah batasan-batasan teknologi dari rangkaian kegiatan. Jaringan terdiri dari kumpulan kegiatan yang terbatas; setiap kegiatan mempunyai lamanya *fixed-interger*, memerlukan jumlah tenaga kerja yang tetap dan merupakan hal pokok untuk mendahulukan sekumpulan hubungan khusus yang sebelumnya telah diijinkan. Kegiatan tidak dapat ditunda sekali dimulai. Faktor penting adalah bahwa waktu mulai untuk kegiatan nonkritis saja yang dapat diubah-ubah untuk menghasilkan jadwal yang rata.

Cara penulisan berikut ini digunakan:

$A(j)$  = kegiatan nonkritis ( $j = 1...K$ )

$D(j)$  = lamanya dari  $A(j)$

$R(j)$  = sumber tenaga kerja yang dibutuhkan  $A(j)$  pada masing-masing tanggal

$ES(j)$  = tanggal memulai paling awal dari  $A(j)$

$EF(j)$  = tanggal selesai paling awal dari  $A(j)$

$LS(j)$  = tanggal memulai paling akhir dari  $A(j)$

$S(j)$  = tanggal memulai yang direncanakan untuk  $A(j)$

$X(j)$  = korelatif tanggal memulai yang direncanakan untuk  $A(j)$   
antara  $ES(j)$  dan  $LS(j)$

$FL(j)$  = jumlah hari antara  $ES(j)$  dan  $LS(j)$

$L(i)$  = perubahan sumber tenaga kerja yang ditetapkan pada  
tanggal  $i$  karena kegiatan kritis

$Y(i)$  = perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal  $i$

$a(i,j)$  = perubahan sumber tenaga kerja  $A(j)$  pada tanggal  $i$

$K$  = jumlah kegiatan nonkritis

$H$  = kumpulan semua perubahan sumber tenaga kerja dalam  
proyek

$N$  = lamanya proyek

dan

$$1 \leq j \leq K$$

$$1 \leq i \leq N+1$$

Tabel 2-2 menunjukkan tanda yang disamaratakan untuk perubahan sumber tenaga kerja selama kegiatan nonkritis  $A(j)$  untuk hari-hari  $i = 1 \dots i = N+1$ . Tanda untuk kebutuhan akan sumber tenaga kerja telah disusun jadi tabel.



Tabel 2-2 Perubahan Sumber Tenaga Kerja

i	A <sub>j</sub>				
	A(1)	A(2)	–	A(K)	L(i)
1	a(1,1)	a(1,2)	–	a(1,K)	L(1)
2	a(2,1)	a(2,2)	–	a(2,K)	L(2)
3	a(3,1)	a(3,2)	–	a(3,K)	L(3)
–	–	–	–	–	–
N	a(N,1)	a(N,2)	–	a(N,K)	L(N)
N+1	a(N+1,1)	a(n+1,2)	–	a(n+1,K)	L(N+1)
R(j)	R(1)	R(2)	–	R(K)	–
D(j)	D(1)	D(2)	–	D(K)	–

Sumber: Construction Management and Engineering, Construction Performance Control by Network.

Sekarang permasalahannya dirumuskan setahap demi setahap sebagai berikut:

X(j) adalah diantara 1 dan FL(j); karena itu

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) \quad (3-1)$$

dimana

$$FL(j) = LS(j) - ES(j) + 1 \quad (3-2)$$

dan

$$X(j) = S(j) - ES(j) + 1 \quad (3-3)$$

Biarkan A(i) dan A(j) menjadi kegiatan yang serangkai dimana A(i) mendahului A(j) Hubungan yang harus didahulukan berikutnya dirumuskan

$$S(i) + D(i) \leq S(j) \quad (3-4)$$

$$ES(i) + D(i) \leq ES(j) \quad (3-5)$$

Dari persamaan (3), (4) dan (5)

$$X(i) \leq X(j) \quad (3-6)$$

$Y(i)$  dituliskan seperti

$$Y(i) = \sum_{j=1}^K a(i, j) + L(i) \quad (3-7)$$

dimana

$$a[S(j), j] = R(j) \quad (3-8)$$

$$a[S(j) + D(j), j] = -R(j) \quad (3-9)$$

dan

$$H \cap \{a[S(j), j], a[S(j) + D(j), j]\} = 0 \quad (3-10)$$

Karena diminta untuk memperkecil perbedaan perubahan sumber tenaga kerja, fungsi obyektif adalah untuk memperkecil jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja tiap-tiap hari. Karena itu dari persamaan (3-7) diperoleh hubungan berikut ini.

Memperkecil

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^{N+1} Y(i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[ \sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \end{aligned} \quad (3-11)$$

Permasalahan dalam bentuk matematisnya dapat diringkas:

Memperkecil

$$= \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[ \sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \quad (3-11)$$

sasarannya ke

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) \quad (3-1)$$

dan

$$X(i) \leq X(j) \quad (3-6)$$

dibawah rumus dari persamaan (3-2), (3-3), (3-5), (3-7), (3-8), (3-9), dan (3-10).

Langkah-langkah berikut di bawah ini akan dapat mencapai sebuah penyelesaian tertinggi:

- Langkah 1. Tentukan float  $FL(j)$  untuk setiap kegiatan menggunakan persamaan (3-2).
- Langkah 2. Hitung jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja (persamaan 3-11). Merubah float dari setiap kegiatan pokok ke batasan (3-1) dan (3-6).
- Langkah 3. Pilih rancangan dengan harga terendah untuk persamaan (3-11) dari semua kombinasi yang mungkin dari awal kegiatan.