

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kriteria kesuksesan suatu pengelolaan proyek adalah apabila sasaran proyek dapat terpenuhi, yaitu penyelesaian proyek tidak melebihi waktu yang ditentukan, tidak melebihi biaya yang ditentukan, mencapai kinerja dan teknologi yang diinginkan, serta menggunakan sumber daya yang telah ditentukan secara efektif dan efisien (Kerzner, 1984). Sejalan dengan perkembangan zaman, sasaran suatu proyek menjadi lebih luas, yaitu dengan menambahkan faktor kualitas, keamanan dan lingkungan sebagai sasaran utama yang harus dicapai dalam pengelolaan suatu proyek.

2.1 Pengertian Manajemen Proyek

2.1.1 Definisi Proyek

Proyek adalah kegiatan sementara yang dilakukan untuk menciptakan suatu produk atau jasa. Menurut Imam Soeharto, proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya berupa manusia, material dan alat untuk melaksanakan serangkaian kegiatan yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara guna mewujudkan gagasan yang timbul karena naluri manusia untuk berkembang dengan batasan biaya, waktu dan mutu yang telah ditentukan. Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sasaran telah digariskan dengan jelas (Imam Soeharto, 1997 : 1).

Dari pengertian di atas terlihat bahwa ciri pokok proyek adalah :

1. Memiliki tujuan yang khusus dan produk akhir atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, sasaran, jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan telah ditentukan.

3. Bersifat sementara, dalam artian umumnya dibatasi oleh waktu selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
4. Non-rutin, tidak berulang – ulang. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

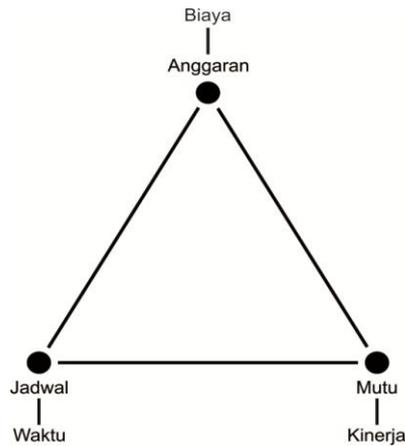
Sedangkan menurut *Project Management Body Of Knowledge (PMBOK)* (Guide, 2004) sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung didalamnya yaitu :

1. Sementara (temporary) setiap proyek selalu memiliki jadwal yang jelas kapan diselesaikan. Sebuah proyek berakhir jika tujuannya telah tercapai atau kebutuhan terhadap proyek itu tidak ada lagi sehingga proyek tersebut dihentikan.
2. Unik artinya bahwa setiap proyek menghasilkan suatu produk, solusi, service atau output tertentu yang berbeda – beda satu dan lainnya.
3. Progressive elaboration adalah karakteristik proyek yang berhubungan dengan dua konsep sebelumnya yaitu sementara dan unik. Setiap proyek terdiri dari langkah – langkah yang terus berkembang dan berlanjut sampai proyek berakhir. Setiap langkah semakin memperjelas tujuan proyek.

Karakteristik – karakteristik tersebut diatas yang membedakan aktifitas suatu proyek terhadap aktifitas rutin operasional. Aktifitas operasional cenderung bersifat terus – menerus dan berulang – ulang, sementara aktifitas proyek bersifat temporer dan unik. Dari segi tujuannya, aktifitas proyek akan berhenti ketika tujuan telah tercapai. Sementara aktifitas operasional akan terus menyesuaikan tujuannya agar pekerjaan tetap berjalan.

2.1.2 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (*Triple Constraint*)

Di dalam proses mencapai tujuan tersebut telah ditentukan batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan diatas disebut tiga kendala (*Triple Constraint*) seperti diperlihatkan oleh Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Tiga Kendala (*Triple Constraint*)

(Sumber : Imam Soeharto, 1997 : 2)

Ini merupakan parameter penting bagi penyelenggara 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* Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik – menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakatidalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan menaikkan mutu, yang selanjutnya berakibat pada naiknya biaya melebihi anggaran. Sebaliknya bila ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu dan jadwal. Dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek dikaitkan dengan sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi.

2.1.3 Manajemen Proyek

Salah satu pemikir manajemen modern, yaitu Henry Fayol (1841-1925) seorang industrialis Perancis adalah orang pertama yang menjelaskan secara sistematis bermacam – macam aspek pengetahuan

manajemen dengan menghubungkan fungsi – fungsinya. Fungsi – fungsi yang dimaksud adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan. Aliran pemikiran diatas kemudian dikenal sebagai manajemen klasik atau fungsional. H. Koontz (1982) memberikan definisi sebagai berikut, manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan (Imam Soeharto, 1997 : 17).

Dari definisi tersebut manajemen proyek merupakan salah satu disiplin ilmu dalam pengelolaan sebuah proyek. Menurut para ahli pengertian manajemen proyek adalah :

1. Menurut (Project Management Body Of Knowledge, 2004) Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), ketrampilan (*skill*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktifitas –aktifitas proyek untuk memenuhi kebutuhan proyek.
2. Menurut (Harold Kerzner, 1982) melihat wawasan manajemen berdasarkan fungsi dan bila digabungkan dengan pendekatan system maka, manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertikal maupun horisontal.

Dari pengertian di atas dapat di simpulkan bahwa pengertian manajemen proyek secara umum adalah suatu cabang khusus dalam manajemen yang memiliki fungsi merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran.

2.2 Perencanaan dan Penjadwalan Proyek

2.2.1 Pengertian Perencanaan Proyek

Dalam manajemen proyek, perencanaan dan pengendalian adalah tahap yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proyek. Perencanaan dan pengendalian yang baik adalah paduan untuk melaksanakan pekerjaan proyek secara efektif dan efisien. Masalah akan timbul apabila terjadi ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek, perencanaan awal berupa penyusunan (anggaran biaya, jadwal induk/waktu, penetapan spesifikasi/mutu).

Perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi – fungsi manajemen seperti mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan. Perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan langkah – langkah kegiatan beserta segala sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut.

Dalam pada itu fungsi pengendalian bermaksud memantau dan mengkaji (bila perlu mengadakan koreksi) agar langkah – langkah kegiatan tersebut terbimbing ke arah tujuan yang telah ditetapkan. Terlihat disini adanya hubungan antara fungsi perencanaan dan pengendalian. Lebih – lebih bagi kegiatan proyek dengan siklus yang relatif pendek dan intensitas serta macam kegiatan yang cepat berubah, maka keterkaitan yang erat antara dua fungsi tersebut amat diperlukan.

Dari segi penggunaan sumber daya, perencanaan dapat diartikan sebagai memberi pegangan bagi pelaksana mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan, sedangkan pengendalian memantau apakah hasil kegiatan yang telah dilakukan sesuai dengan patokan yang telah digariskan dan memastikan penggunaan sumber daya yang efektif dan efisien. Dengan demikian, perencanaan dan pengendalian akan berlangsung sepanjang siklus proyek dalam bentuk perencanaan, pemantauan, pengendalian dan koreksi.

Menurut Michael B. Stanford dan Linn C. Stuckenburck, perencanaan proyek memiliki tujuan dan kegunaan sebagai berikut :

1. Mengarahkan tujuan proyek

Dalam mengarahkan maksud atau tujuan dari proyek, rencana harus mengidentifikasi secara jelas sasaran, tujuan dan pengaruh khusus lainnya atau hambatan – hambatan dalam lingkup proyek.

2. Mengidentifikasi tindakan, resiko dan tanggung jawab dalam proyek.

Identifikasi tindakan, resiko dan tanggung jawab menyediakan substansi bagi rencana proyek. Hal ini diterjemahkan menjadi penentuan aktifitas dan alokasi sumber daya proyek.

3. Memandu aktifitas – aktifitas proyek yang telah berlangsung.

Dasar lainnya untuk membangun tujuan proyek adalah dengan memandu aktivitas – aktivitas yang telah berlangsung, melalui identifikasi yang layak akan seluruh aktivitas yang dibutuhkan untuk dapat mempertemukan tujuan dan sasaran serta penentuan prosedur yang workable untuk menghasilkan dinamika proyek.

4. Mempersiapkan perubahan – perubahan proyek

Tujuan akhir dari perencanaan proyek adalah untuk mempersiapkan perubahan – perubahan proyek. Rencana harus memiliki fleksibilitas yang cunkep untuk mengadaptasi perubahan tapi masih mempertahankan kualitas keutuhan dan durabilitas.

2.2.2 Pengertian Penjadwalan Proyek

Jadwal adalah Penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah langkah pelaksanaan pekerjaan yang telah dimasukkan faktor waktu untuk mencapai sasaran. Secara umum dapat dikatakan bahwa penjadwalan adalah perhitungan pengalokasian waktu yang tersedia kepada pelaksanaan masing masing bagian pekerjaan atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan- keterbatasan yang ada.

2.2.3 Bakuan Proses Penjadwalan

Proses – proses yang digunakan pada penjadwalan proyek yang lazim digunakan dapat dilihat dalam acuan proyek secara umum, seperti pada *Project Management Body of Knowledge*(PMBOK). Pembahasan penjadwalan proyek dalam PMBOK, yaitu *Project Time Management* meliputi proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek diselesaikan dalam waktu yang disetujui yang meliputi lima prosesnya : activity definition, activity sequencing, activity duration estimating, schedule development dan schedule control. Dengan adanya acuan tersebut kita dapat mengetahui pekerjaan mana yang lebih diutamakan sehingga penjadwalan dapat disusun dengan baik.



Gambar 2.2 Gambaran Time Project Management

Sumber : PMBOK® Guide, Fourth Edition, ©2004

a. Pendefinisian kegiatan proyek (*Define Activities*)

Pendefinisian kegiatan proyek yaitu melakukan identifikasi dan mendokumentasikan pekerjaan atau kegiatan – kegiatan yang direncanakan dimana akan di indentifikasikan di tingkatan yang paling rendah atau spesifik di dalam WBS (*Work Breakdown Structure*) untuk

dilakukan pendefinisian/ketentuan setiap aktivitas pekerjaan. Fungsi pendefinisian kegiatan proyek yaitu :

- Sebagai dasar untuk estimasi durasi pekerjaan.
- Sebagai dasar untuk penyusunan urutan pekerjaan dalam penjadwalan.
- Sebagai dasar untuk pelaksanaan, monitoring dan mengendalikan pekerjaan proyek yang akan dijumpai.
- Proses penyusunan pendefinisian kegiatan proyek.

b. Penyusunan Urutan Kegiatan Proyek(*Sequence Activities*)

Penyusunan urutan kegiatan proyek (*Sequence Activities*) yaitu pengurutan kegiatan yang melibatkan identifikasi dan mendokumentasikan hubungan – hubungan yang logis antara kegiatan dalam penjadwalan. Penjadwalan kegiatan dapat secara logis dirutkan dengan hubungan ketergantungan dan interaksi kegiatan. Seperti pekerjaan mana yang lebih dulu dan belakangan dikerjakan. Pengurutan pekerjaan dapat dilakukan dengan menggunakan software manajemen proyek atau dengan teknik – teknik manual. Fungsi penyusunan urutan kegiatan proyek yaitu :

- Untuk mengetahui hubungan ketergantungan dan interaksi antar pekerjaan.
- Untuk mengetahui pekerjaan mana yang lebih dulu dan belakangan dikerjakan.
- Sebagai dasar pelaksanaan.

c. Estimasi Kebutuhan Sumber daya Kegiatan Proyek(*Estimate Activity Resources*)

Estimasi kebutuhan sumber daya kegiatan proyek yaitu meliputi menentukan sumber daya apa yang digunakan (tenaga kerja, peralatan, material) dan beberapa jumlah dari setiap sumber daya yang akan digunakan, dan kapan masing – masing sumber daya disediakan untuk melaksanakan aktivitas proyek. Estimasi kebutuhan sumber daya

berkaitan dengan proses perhitungan perkiraan biaya atau yang biasanya disebut RAB (Rencana Anggaran Biaya). Fungsi estimasi kebutuhan sumber daya kegiatan proyek yaitu :

- Untuk mengetahui berapa jumlah dari setiap sumber daya yang akan digunakan.
- Untuk mengetahui kapan kebutuhan sumber daya disediakan untuk melaksanakan aktivitas/pekerjaan proyek.
- Untuk perhitungan perkiraan biaya (RAB)

d. Estimasi Durasi Kegiatan Proyek (*Estimate Activity Durations*)

Perhitungan durasi kegiatan proyek yaitu proses perhitungan periode waktu pelaksanaan pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masing – masing kegiatan. Dimana proses perhitungan durasi kegiatan memerlukan jumlah pekerjaan dalam usaha menyelesaikan jadwal pekerjaan yang telah diperhitungkan dengan menggunakan informasi sesuai dengan jadwal lingkup aktivitas dari pekerjaan, sumber daya yang diperlukan, perkiraan jumlah sumber daya dan kalender sumber daya dengan ketersediaan sumber daya yang ada. Fungsi estimasi durasi kegiatan proyek yaitu :

- Untuk mengetahui durasi menyelesaikan setiap item pekerjaan
- Untuk mengetahui waktu kapan pekerjaan harus mulai dan selesai
- Untuk memperhitungkan kapan proyek selesai

e. Pengembangan jadwal Proyek (*Develop Schedule*)

Pengembangan jadwal proyek adalah suatu proses dalam menganalisis urutan kegiatan, jangka waktu/durasi, sumber daya dan kendala dalam pembuatan jadwal proyek. Menerapkan kegiatan, jangka waktu dan sumber daya ke metode penjadwalan menghasilkan jadwal dengan jangka waktu yang direncanakan untuk menyelesaikan kegiatan proyek dan dilakukan sedemikian rupa sehingga tercapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan – keterbatasan yang ada.

Fungsi pengembangan jadwal proyek yaitu untuk menentukan aktivitas yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek dan urutan serta durasi di dalam aktivitas yang harus diselesaikan untuk mendapatkan penyelesaian yang tepat waktu efektif dan efisien.

f. Pengendalian jadwal(*Control Schedule*)

Proses pemantauan status proyek untuk memperbarui kemajuan proyek dan mengelola perubahan – perubahan dari jadwal induk. Pengendalian jadwal mempunyai keterkaitan dengan :

- Menentukan status saat ini dari jadwal proyek
- Faktor yang mempengaruhi pembuatan perubahan jadwal
- Menentukan bahwa jadwal proyek setelah diubah
- Mengatur saat terjadi perubahan aktual.

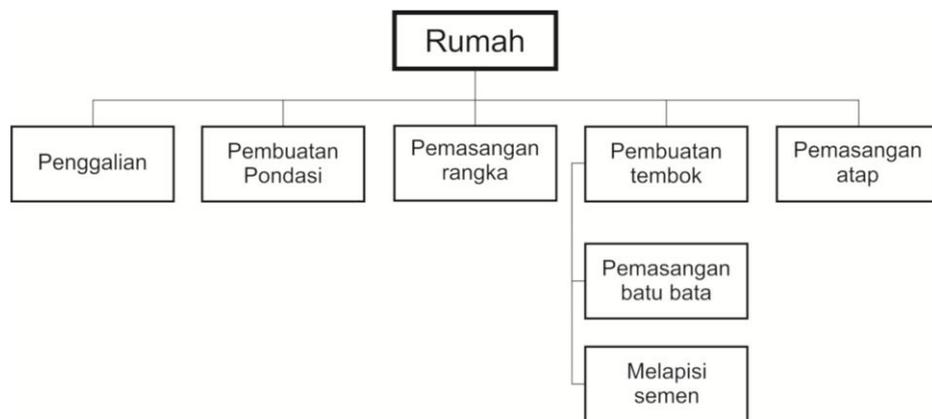
2.3 Metode Penjadwalan dan Pengendalian

Pemilihan metode penjadwalan pada suatu proyek dapat dipengaruhi oleh jenis pekerjaannya apakah merupakan pekerjaan berulang atau tidak, besar atau kecilnya proyek, ataupun sifat/karakteristik dari proyek yang lain. Metode dalam penjadwalan dan pengendalian proyek saat ini mengalami perkembangan, dalam usaha meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah diperkenalkan berbagai teknik dan metode. Secara garis besar merujuk dalam PMBOK Guide mengenai gambaran manajemen waktu proyek (*Project Time Management Overview*) metode yang digunakan antara lain meliputi :

2.3.1 Work Breakdown Structure (WBS)

Kegiatan menguraikan pekerjaan proyek menjadi elemen – elemen yang lebih kecil yang secara operasional mudah dilaksanakan serta mudah diestimasi biaya dan waktu pelaksanaannya. Hasil proses hirerarkis ini disebut *Work Breakdown Structure* (WBS). WBS adalah peta proyek. Penggunaan WBS dapat membantu meyakinkan manajer proyek bahwa semua produk dan elemen pekerjaan proyek telah diidentifikasi, untuk

mengintegrasikan proyek dengan organisasi saat ini, dan untuk membangun dasar pengendalian (Clifford F. Gray, Erik W. Larson 2007 : 96). Gambar 2.3 : menunjukkan pengelompokan utama yang biasanya digunakan dilapangan untuk membuat hierarkis WBS



Gambar 2.3 WBS untuk membangun rumah

Sumber (Budi Santosa, 2009 : 61)

Tingkat pemecahan proyek ini bisa mengikuti tingkatan seperti tabel 2.1. Jika dalam dua tingkat pemecahan sudah cukup operasional, maka hal itu sudah cukup.

Tingkat	Deskripsi
1	Proyek
2	Tugas
3	Sub-tugas
4	Paket Pekerjaan

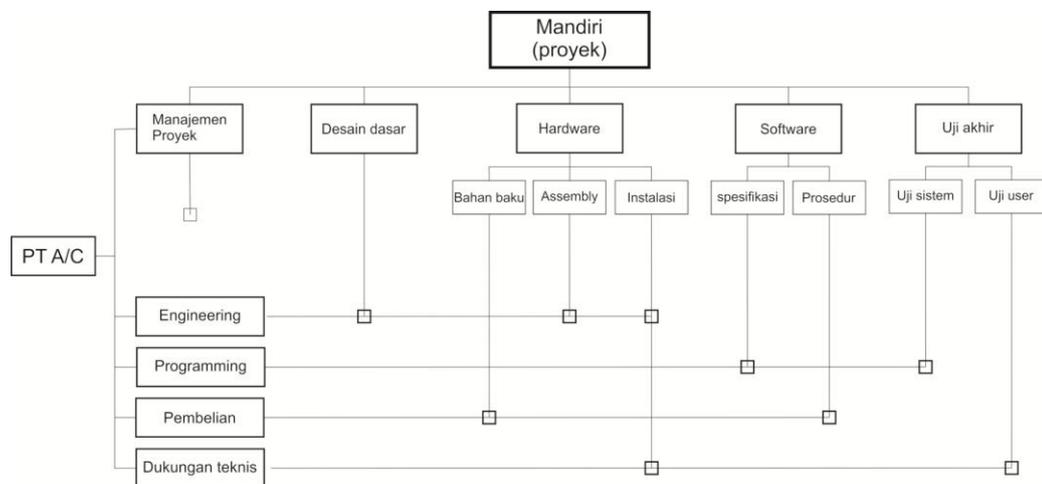
Tabel 2.1 : Tingkatan dalam WBS

Sumber (Budi Santosa, 2009 : 61)

WBS menggambarkan semua elemen proyek dalam sebuah kerangka hierarkis dan menetapkan hubungan mereka dengan item akhir dari proyek.

Ketika WBS dikembangkan, unit – unit organisasi dan individu diberi tanggung jawab untuk menyelesaikan paket – paket kerja. Hal ini

akan mengintegrasikan pekerjaan dan organisasi. Dalam praktik, proses tersebut biasanya disebut alokasi tanggung jawab melalui integrasi *Work Breakdown Structure* (WBS) dan *Organization Breakdown Structure* (OBS).



Gambar 2.4 Integrasi WBS dengan OBS

Sumber (Budi Santosa, 2009 : 64)

Tujuan OBS adalah menyediakan suatu kerangka untuk meringkas kinerja unit organisasi, mengidentifikasi unit organisasi yang bertanggung jawab untuk paket kerja, dan mengikat unit organisasi kepada akun pengendalian biaya. Kelebihan utama menggunakan WBS dan OBS adalah mereka dapat *diintegrasikan* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.x. Interseksi paket kerja dan unit organisasi menciptakan sebuah titik kendali proyek (akun biaya) yang mengintegrasikan tanggung jawab dan pekerjaan.

2.3.2 Metode Diagram Batang (Bar Graph Method)

Yang pertama dikembangkan dalam perencanaan dan penjadwalan adalah *Gantt Charts*. Nama ini mengacu pada penemunya Henry L. Gantt, seorang konsultan manajemen terkenal. Apa yang diperlihatkan dalam *Gantt Charts* adalah hubungan antara aktivitas dan waktu pengerjaannya.

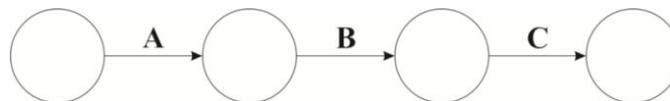
Disini bisa juga dilihat aktivitas mana yang harus mulai dulu dan aktivitas mana yang menyusul. *Gantt Charts* dibuat menyusul selesainya WBS.

2.3.3 Diagram Jaringan (Network Diagram)

Metode network diagram menyajikan model penjadwalan proyek dalam bentuk jaringan yang terdiri dari simpul (node) dan anak panah (arrow). Pertama kali dikembangkan oleh E.I. Du Pont bekerja sama dengan UNIVAC Applications Research Center, pada tahun 1956 – 1958. Kemudian teknik ini dikembangkan oleh John W Maulchy dari UNIVAC Applications Research Center, James E Kelly, Jr dari Remington Rand dan Morgan Walker dari Du Pont antara tahun 1958 dan 1960. Pada awalnya metode ini kurang berkembang karena proses pembuatannya yang rumit. Metode ini baru mulai berkembang seiring dengan mulai berkembangnya dunia konstruksi pada tahun 1970, dikarenakan mulai dirasa adanya keterbatasan pada metode Barchart.

Ada dua macam bentuk yang umum digunakan dari metode diagram jaringan ini, yang pertama menggunakan panah sebagai pelambang kegiatan atau disebut activity on arrow (dikenal sebagai metode I-J), sedangkan yang kedua menggunakan simpul sebagai pelambang kegiatan atau disebut activity on node (dikenal sebagai PDM). Keduanya disebut Critical Path Method).

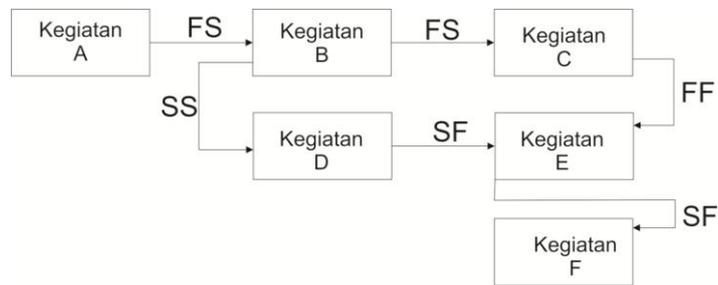
- a. Metode I-J Pada metode ini kegiatan dilambangkan dengan panah sedangkan simpul hanya sebagai penanda mulai dan berakhirnya suatu kegiatan. Hubungan logika antar kegiatan hanya dimungkinkan menimpa hubungan finish to start.



Gambar 2.5 Contoh *Activity on Arrow* (AOA)

- b. Precedence Diagramming Method (PDM). Pada metode ini simpul dijadikan sebagai kegiatan yang berlangsung sedangkan anak panah digunakan sebagai penunjuk logis antar dua kegiatan. Pada awalnya

hubungan logika antar kegiatan juga hanya berupa hubungan finish to start seperti pada metode network diagram tetapi perkembangannya, karena dimungkinkan, hubungan kegiatan biasa menjadi 4 macam, yaitu : start to finish (SF), finish to start (FS), start to start (SS), finish to finish (FF).



Gambar 2.6 Contoh *Activity on Node* (AON)

Pada intinya semua jenis metode jaringan ini didasarkan pada pencarian jalur kritis dari kegiatan yang ada. Kegiatan kritis adalah waktu minimal proyek tersebut dapat diselesaikan. Jadi apabila ada keterlambatan pada kegiatan di jalur kritis maka akan mengakibatkan penambahan durasi proyek secara keseluruhan. Jadi secara umum, keuntungan dari teknik diagram jaringan ini adalah bahwa hubungan antar kegiatannya dapat terlihat dengan jelas dan juga dapat menunjukkan kegiatan kritis dari proyek yang direncanakan.

2.4 Critical Chain Project Management (CCPM)

2.4.1 Latar belakang Critical Chain Project Management

Pada tahun 1997, Dr. Eliyahu Goldratt memperkenalkan suatu metode penjadwalan baru untuk manajemen proyek yaitu Critical Chain Project Management (CCPM). Critical Chain Project Management adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut Theory of Constraints diberlakukan bagi proyek – proyek untuk memperbaiki kinerja proyek kedepan. Pendekatan Theory of Constraints memfokuskan pada sukses penyelesaian pekerjaan yang tepat waktu pada proyek secara keseluruhan.

Hakekat dari Theory of Constraints adalah untuk memfokuskan pada model batasan kunci yang mana secara langsung berkontribusi ke sistem kinerja, mengatur buffer sumber daya untuk mengoptimalkan proses dan membuat optimal penggunaan kapasitas yang sudah ada. Menurut Theory of Constraints setiap proyek akan dipengaruhi oleh satu atau beberapa batasan – batasan sumber daya dimana kapasitas batasan didalam aktivitas mempengaruhi keseluruhan durasi – durasi proyek. Untuk menjabarkan penyelesaian masalah digunakan pendekatan Theory of Constraints, Goldratt mengaplikasikan 5 langkah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi batasan sistem.
- b. Memutuskan bagaimana cara memanfaatkan batasan sistem.
- c. Turunkan yang lainnya kepada keputusan tersebut.
- d. Naikan batasan sistem.
- e. Kembali ke langkah awal dan tidak membiarkan keterlambatan yang menyebabkan batasan system.

Secara umum, sasaran dari perencanaan proyek dan pengendalian jadwal adalah untuk menghasilkan penyelesaian pekerjaan yang tepat waktu dari tiap – tiap aktivitas didalam proyek. Batasan utama di dalam setiap proyek adalah perkiraan waktu penyelesaian aktivitas yang kritis. Oleh karena itu, penekanan dilakukan pada penyelesaian aktivitas di dalam rantai kritis tanpa adanya pemborosan waktu.

2.4.2 Pengertian *Critical Chain Project Management*

Dalam berbagai proyek, *Critical Chain Project Management* didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian – kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan satu sama lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan. Persyaratan dalam metode *Critical Chain Project Management* ini, Goldratt memberikan beberapa penjelasan (Clifford F. Gray, Erik W. Larson 2007 : 252) :

- Penyakit Parkinson (*Parkinson's law*) : Pekerjaan mengisi waktu tersedia. Mengapa harus menyelesaikan sebuah tugas hari ini jika ia bisa dikerjakan besok ?
- Proteksi diri (*Hidden Safety*) : Partisipan tidak melaporkan finis awal yang mereka capai karena takut manajemen akan, dikemudian waktu, mengubah standar dan memberikan tuntutan lebih.
- Tongkat Estafet : Finis awal barangkali tidak memimpin kepada start untuk aktivitas berikutnya karena orang yang ditunjuk untuk melakukan aktivitas berikutnya tidak siap memulai pekerjaan lebih awal. Akhirnya, waktu percepatan yang telah dicapai menjadi tidak ada artinya.
- Multitasking berlebihan : Fenomena ini menambahkan waktu untuk menyelesaikan tugas – tugas.
- Sumbatan sumber daya : Keterlambatan/penundaan yang disebabkan oleh terbatasnya sumber daya kritis yang tersedia.
- Sindrom pelajar (*Student's Syndrome*) : Ada kecenderungan untuk menunda tugas sampai anda memang harus melakukan.

Dengan tidak adanya *multitasking*, *Student's Syndrome*, *Parkinson's law*, *As late as possible*, menghilangkan *hidden safety* dan memindahkannya dalam bentuk *buffer* dibelakang proyek dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek. Metodologi dengan manajemen *buffer* digunakan untuk mengintegrasikan pekerjaan – pekerjaan dengan batasan – batasan (*constraints*) terhadap ketersediaan sumber daya yang menjadi penyebab terjadinya penundaan/keterlambatan pelaksanaan di dalam proyek konstruksi.

Batasan pada suatu proyek konstruksi dapat digolongkan pada beberapa cara yang berbeda, meskipun demikian sedikitnya tiga jenis yang biasanya dihadapi. Paling umum dikenal adalah batasan hak yang lebih tinggi yang menentukan waktu awal selesai, urutan dari aktivitas dan pekerjaan. Kedua adalah batasan sumber daya meliputi pengadaan

material, tenaga kerja dan peralatan, yang sering ditangani di masalah alokasi sumber daya. Ketiga adalah menunjukkan informasi ketersediaan batasan sebagai keterangan yang diperlukan seperti permintaan untuk informasi, shop drawings dan persetujuan design yang biasanya diabaikan pada penjadwalan model tradisional.

Critical Chain Project Management dengan tidak sengaja menarik dan tampil untuk menawarkan sejumlah keuntungan atas penjadwalan tradisional dan metode pengendalian lainnya. Ini meliputi eliminasi dari variasi penyebab khusus seperti halnya pengumpulan waktu pengaman proyek dalam suatu *buffer* proyek, perlindungan terhadap rantai kritis melalui *buffer* proyek, memindahkan pekerjaan yang tidak mendesak ke belakang (*As late as possible*) dengan memberikan *Feeder – feeder buffer*, datang dan memonitor pemakaian *buffer* untuk mengendalikan jadwal proyek.

2.4.3 Estimasi Waktu Pengaman

Dalam mengestimasi durasi proyek harus didasarkan pada pengalaman perencanaan, dimana kebanyakan dari perencanaan penjadwalan cenderung untuk menambahkan durasi keamanan yang tersembunyi ke dalam penilaian – penilaian mereka untuk setiap ketidakpastian pada kinerja aktual.

Goldratt membantah bahwa ada kecenderungan alami bagi orang-orang untuk menambahkan waktu aman (*just-in-case*) pada penilaian mereka. Diyakini bahwa mereka yang mengestimasi waktu aktivitas, menyediakan estimasi yang memiliki sekitar 80-90% kesempatan untuk diselesaikan pada sebelum waktu yang diperkirakan. Karenanya, waktu rata – rata (50/50 kesempatan) diestimasi terlalu tinggi dengan kira – kira 30 sampai 40% (Cilfford F. Gray, Erik W. Larson 2007 : 252). Sebagai contoh, ketika seseorang diminta untuk mengestimasi tugas, coba tanyakan apakah tugas tersebut familiar. Dia berpikir tentang tugas tersebut dan

usaha yang dibutuhkan dan memutuskan dia dapat menyelesaikan tugas dalam 5 hari. Kemudian, dia berpikir lagi. Bisa saja ada beberapa hal yang tidak familiar dalam tugas tersebut. Dia khawatir tentang kemungkinan adanya interupsi dari pekerjaan yang tidak direncanakan sebelumnya. Akhirnya, dia ingin memastikan untuk tidak melampaui waktu. Berdasarkan semua ketidakpastian ini, akhirnya dia memutuskan dapat mengerjakan tugas tersebut dalam 10 hari.

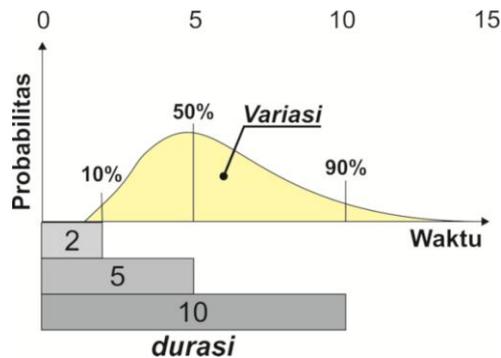
No	Nama Tugas	Durasi	1 M					2 M					3 M						
			S	S	R	K	J	S	S	R	K	J	S	S	R	K	J		
1	Tugas	10 H																	

Gambar 2.7 Hidden Safety dalam estimasi

(sumber : Budi Santosa, 2009 : 222)

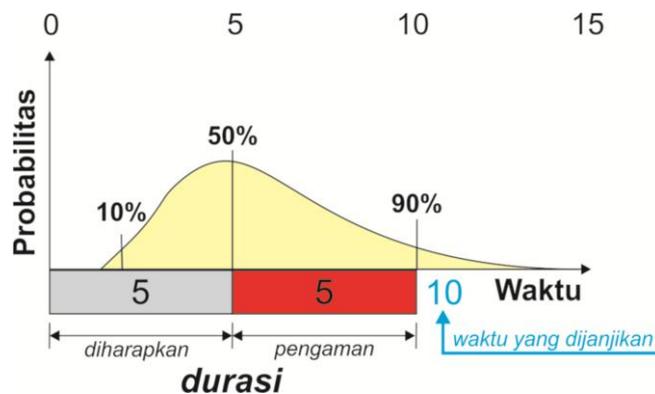
Ilustrasi diatas menunjukkan bahwa dia memiliki 5 hari pengaman yang tersembunyi (*hidden safety*) dari 10 hari yang diperkirakan (Gambar 2.7). Dia mengatakan pengaman yang tersembunyi karena dalam proyek dinyatakan bahwa tugas membutuhkan 10 hari pelaksanaan, 5 hari pengaman adalah faktor ketidak pastian dia. Jika kontingensi tersembunyi ini dapat meresap pada sebuah proyek, maka kebanyakan aktivitas secara teori harus diselesaikan sebelum waktunya.

Seperti yang diperlihatkan di dalam Gambar 2.8, ada kemungkinan 10 persen menyelesaikan pekerjaan didalam dua hari, kemungkinan 50 persen menyelesaikan pekerjaan di dalam lima hari, dan kemungkinan 90 persen menyelesaikan pekerjaan di dalam 10 hari. Ini jika anda mengambil “estimasi” sembilan diantara sepuluh hari, lalu perkiraan mu tidak 50 persen kemungkinan waktu yang diharapkan, tetapi 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan. Hal inilah yang kebanyakan orang pakai ketika mereka diminta untuk mengestimasi suatu pekerjaan.



Gambar 2.8 Estimasi variasi pekerjaan
(sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Seperti yang diperlihatkan di dalam gambar 2.9. Untuk memenuhi waktu penyelesaian pekerjaan yang telah dijanjikan, maka seseorang memberikan waktu keamanan yang signifikan untuk memberikan perlindungan pada waktu pelaksanaan karena ia harus mempertimbangkan kondisi kerja aktual termasuk banyaknya berbagai pekerjaan mendesak yang akan timbul atau pekerjaan tersebut bisa menjadi lebih sulit dibandingkan kelihatannya ketika anda melakukannya, dan untuk mengantisipasi hal – hal yang tidak terduga. Seperti pada umumnya, kebanyakan software penjadwalan memperkirakan 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan dan sekitar separuh jangka waktu itu adalah waktu keamanan atau perlindungan untuk memastikan pekerjaan tersebut dapat selesai tepat waktu.



Gambar 2.9 Pengembangan dari waktu yang dijanjikan
(sumber : Richard E. Zultner, 2003)

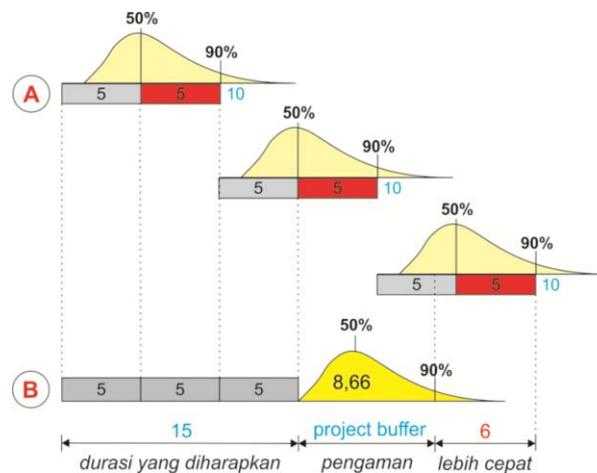
Di dalam gambar 2.10 a, kita mempunyai suatu proyek dengan tiga pekerjaan serupa dengan waktu yang dijanjikan 10 hari termasuk keamanan di masing – masing pekerjaan. Manager proyek mencoba untuk memastikan bahwa proyek dapat selesai tepat waktu dengan menjaga setiap pekerjaan tepat pada waktunya.

Dengan menggunakan penjadwalan tradisional, tiga pekerjaan yang masing – masing mempunyai durasi 10 hari, dimana waktu pelaksanaan dan keamanan yang diperlukan akan menghabiskan waktu keseluruhan selama 30 hari. Masing – masing dari ketiga pekerjaan mempunyai 90% kemungkinan menyelesaikan pekerjaan tepat waktu. Tetapi kenyataannya kemungkinan dari penyelesaian proyek tepat waktu kurang dari 90%. Sehingga berdasarkan pengalaman tersebut manajer proyek cenderung untuk menambahkan suatu ketidakpastian cadangan hingga berakhirnya proyek. Namun hal ini adalah karena jalan yang terbaik untuk memperbaiki kinerja proyek adalah dengan mengatur ketidakpastian yang ada didalam proyek.

Sedangkan didalam gambar 2.10 b, penjadwalan yang menggunakan metode *critical chain project management* memakai satu analogi asuransi (*concepts of insurance*) yang menyatukan segala resiko, berdasarkan pemikiran dari tiga rumah yang masing – masing pemilik rumah berusaha mengasuransikan rumahnya untuk mencegah kemungkinan resiko yang akan terjadi. Karena mereka tidak mampu untuk menyisihkan dana secukupnya untuk mengatasi suatu masalah serius yang tidak terduga dalam waktu lebih dari lima hari.

Ketika satu perusahaan asuransi menyatukan keselamatan dari ke tiga pemilik rumah tersebut, pemilik rumah membayar lebih sedikit kepada perusahaan asuransi yang kemudian mereka mendapatkan perlindungan terhadap rumah mereka masing – masing dibandingkan mereka merencanakan untuk menyisihkan dana sebelumnya yang cukup besar

dalam waktu kurang dari lima hari. Hal ini dapat dilakukan. Karena perusahaan asuransi mengetahui bahwa bagaimana mungkin ketiga rumah tersebut akan mendapatkan masalah yang serius pada waktu yang bersamaan.



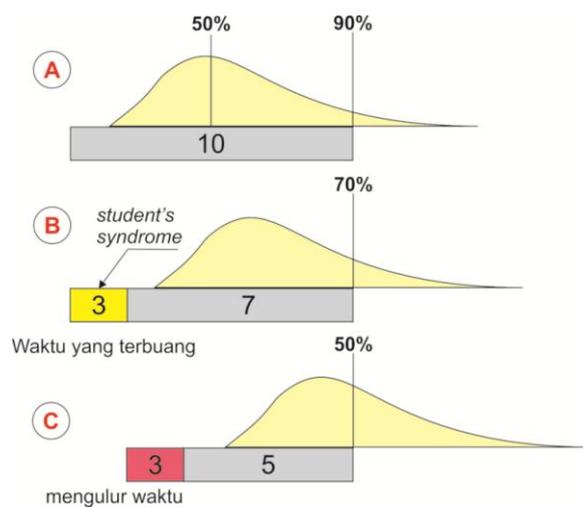
Gambar 2.10 Perbedaan waktu pengaman pada tiga proyek
(sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Seperti contoh diatas efisiensi dari waktu keamanan yang disatukan sehingga waktu keamanan yang tersedia untuk dibagi bersama 8,66 hari, namun hal ini sama dengan perlindungan untuk proyek (90% kemungkinan) seperti lima hari waktu keamanan di dalam masing – masing tugas. Namun sekarang, waktu keamanan di luar masing – masing tugas, tanpa membuat proyek terlambat sehingga membuat proyek lebih cepat 6 hari atau dapat mereduksi 15% dibandingkan penjadwalan tradisional. Inilah alasan kenapa kita dapat mengatakan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan critical chain dapat 15% - 25% lebih pendek atau cepat dibandingkan penjadwalan tradisional.

2.4.4 Student's Syndrome

Student's Syndrome serupa dengan ketika para siswa diberikan suatu tugas, mereka biasanya memulai mengerjakan tugas tersebut dimenit – menit terakhir, bahkan panjangnya waktu yang diberikan tidak cukup untuk menyelesaikan tugas – tugas tersebut lebih cepat. Oleh karena itu,

waktu keamanan yang ditambahkan menjadi semacam barang sisa, karena untuk memulai mengerjakan tugas tersebut tidak dilakukan pada waktu awal. Perilaku ini dapat menyebabkan waktu keamanan yang terdapat didalam pekerjaan terbuang percuma bahkan sebelum kita memulai pekerjaan untuk melakukan pekerjaan, sehingga kita tidak lagi mempunyai 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Hilangnya waktu pengaman pekerjaan akibat *student's syndrome*

(sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Didalam gambar 2.11 a, terdapat 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan, mereka mempunyai banyak waktu untuk menyelesaikan pekerjaan. Jadi mereka berpikir dapat menyelesaikan pekerjaan tersebut dalam waktu 7 hari, yaitu dengan mengerjakan sedikit beberapa pekerjaan yang mendesak atau mengulur waktu memulai pekerjaan. Permulaan ini tidak masalah karena masih ada waktu pengaman 5 hari. Didalam gambar 2.11 b, dapat dilihat bahwa waktu keamanan telah terbuang dengan percuma selama 3 hari. Sayangnya pada hari berikutnya seperti yang dapat dilihat dalam gambar 2.11 c ketika mereka mulai melakukan pekerjaan terjadi masalah yang tidak terduga sehingga waktu yang tersisah

berkurang menjadi 5 hari, yang berarti waktu keamanan yang tersedia telah habis. Oleh karena itu mereka berusaha mempercepat untuk menyelesaikan pekerjaan dengan mengambil waktu malam, tidak peduli seberapa besar usaha yang ia lakukan.

2.4.5 Parkinson's law

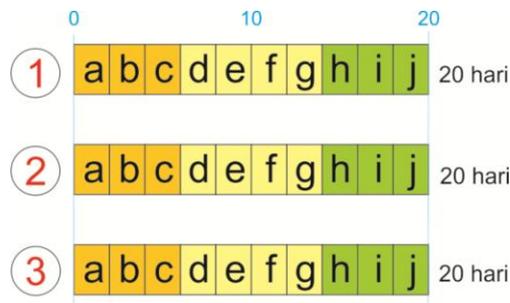
Parkinson's law adalah kecenderungan seorang pekerja untuk menghabiskan waktu pekerjaannya walaupun dia dapat menyelesaikan pekerjaan itu sebelum waktunya. Jika sebuah aktivitas di estimasi untuk mendapatkan durasi yang direncanakan, biasanya dia tidak mengambil lebih sedikit dari durasi tersebut. Seorang pekerja hanya melakukan penyesuaian tingkat usaha / kemampuannya untuk menjaga kesibukannya pada keseluruhan jadwal penyelesaian pekerjaan. Karena biasanya, kalau seorang pekerja dapat menyelesaikan pekerjaannya lebih cepat dari waktu yang direncanakan mereka tidak mendapatkan balas jasa atau dengan kata lain seorang pekerja menyelesaikan pekerjaannya lebih cepat namun ia tidak melaporkannya kepada perusahaan sehingga ini merugikan perusahaan.

2.4.6 Multitasking

Multitasking adalah Mengerjakan beberapa pekerjaan dalam waktu yang bersamaan. Pengaruh dari multitasking seharusnya dipertimbangkan karena fragmentasi dari sumber daya dan waktu persiapan peralatan akan menyebabkan tugas-tugas menjadi tertunda karena kehilangan konsentrasi.

Gambar 2.12 dibawah ini menunjukkan tiga proyek yang sama, dan manager proyek bertanggung jawab untuk masing-masing proyek. Masing-masing proyek terdiri dari 10 pekerjaan dengan durasi masing-masing 2 hari. Ada tiga jenis dari sumber daya yang diperlukan. Di dalam kasus ini, karena kita mempunyai tiga jenis masing-masing proyek dari sumber daya yangtersedia, kita hanya diberikan satu dari tiap jenis sumber

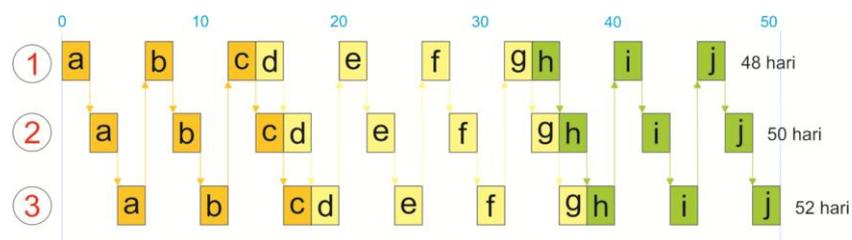
daya kepadamasing-masing proyek. ketiga proyek tersebut masing-masing memiliki waktu 20 hari untuk diselesaikan. Jika kita hanya mempunyai satu dari tiap jenis sumber daya, bagaimana seharusnya kita melakukannya?



Gambar 2.12 Kebutuhan sumber daya pada tiga proyek
(sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Di dalam Gambar 2.13, manager proyek untuk proyek 1, 2, dan 3 berusaha untuk menekankan membuat kemajuan di masing-masing proyek mereka setiap minggunya. Sehingga pekerjaan di proyek 1 belum selesai, sumber daya berpindah ke pekerjaan di proyek 2 demikian seterusnya.

Maka manajer proyek akan memiliki “kemajuan” dari masing-masing proyek untuk dilaporkan setiap minggunya. Tentu saja, ini memerlukan waktu yang lebih panjang ketika anda tidak mempunyai banyak sumber daya. Maka masing-masing proyek selesai dalam waktu 48, 50, dan 52 hari. Sehingga hal ini berarti mempengaruhi waktu penyerahan proyek secara keseluruhan.



Gambar 2.13 Kebutuhan sumber daya pada tiga proyek dengan
multitasking

(Sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Sedangkan di dalam gambar 2.14, masing-masing sumber daya menyelesaikan semua pekerjaan di proyeknya sebelum berpindah kepada proyek yang lainnya, sehingga tidak ada sumber daya yang berpindah ke pekerjaan yang lain dan kemudian meneruskan kembali pekerjaan yang telah di tinggalkannya dimana hal ini lebih disukai dan dapat menghasilkan kualitas pekerjaan yang lebih baik atau dengan kata lain membedakanya dalam skala prioritas menghindari multitasking. Semua proyek diselesaikan lebih cepat di dalam waktu 20, 28, dan 36 hari. Bahkan proyek 1 yang menjadi prioritas tinggi dikerjakan 20 hari atau mengalami progres 240% dan proyek 3 lebih cepat 16 hari bila dibandingkan kasus multitasking. Sehingga dapat dikatakan “efisiensi” dari multitasking adalah suatu dongeng.



Gambar 2.14 Kebutuhan sumber daya pada tiga proyek tidak menggunakan *multitasking*

(Sumber : Richard E. Zultner, 2003)

Maka, dari pada menyelesaikan tiga proyek yang dilaksanakan dalam 52 hari dengan multitasking. Berapa banyak yang bisa dilakukan dalam waktu yang sama tanpa multitasking?. Di dalam Gambar 2.15, kita dapat melihat keuntungan dari CCPM. Dengan jumlah sumber daya yang sama kita dapat menyelesaikan 5 proyek tanpa adanya tambahan biaya dan tidak ada resiko-resiko tambahan jika kita menghapuskan multitasking di semua proyek.



Gambar 2.15 Keuntungan yang diperoleh dengan tidak menggunakan multitasking sumber daya
(Sumber : Richard E. Zultner, 2003)

2.4.7 Manajemen *Buffer*

Manajemen buffer adalah kunci untuk mengatur aktivitas pada rantai kritis jadwal proyek. Metodologi rantai kritis tidak dapat terlaksana tanpa manajemen buffer. Ada tiga macam ketidakpastian didalam perencanaan dan penjadwalan proyek yakni ketidakpastian waktu aktivitas, ketidakpastian waktu alur, dan ketidakpastian sumber daya. Untuk mengatur ketidakpastian di dalam proyek-proyek konstruksi maka digunakan manajemen buffer untuk membuat penilaian atas kebutuhan dari buffer pada setiap aktivitas.

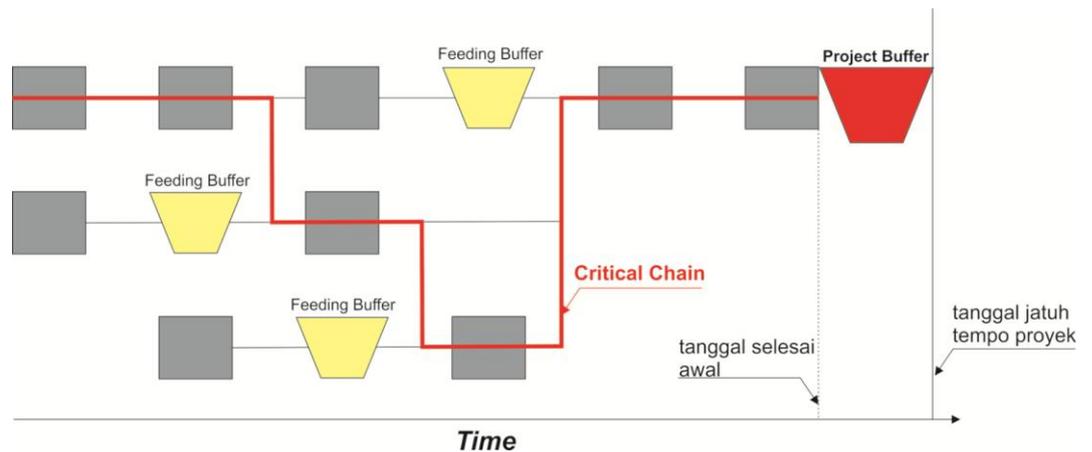
Manajemen buffer dapat memberikan pandangan yang jelas terhadap dampak resiko yang kumulatif kepada kinerja proyek, termasuk pertimbangan tentang batasan sumber daya dan berfokus kepada penyebab ketidakpastian didalam manajemen proyek. Oleh karena itu, menjadwalkan tanpa mempertimbangkan batasan sumber daya menjadi sesuatu yang tak dapat dipercaya dalam menjadwalkan, karena waktu untuk memulai suatu aktivitas biasanya dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya.

Didalam metode *Critical Chain Project Management*, *buffer* ditambahkan pada durasi yang digunakan pada penjadwalan proyek untuk melindungi *Critical Chain* bagi suksesnya proyek. Banyak faktor

yang mempengaruhi ukuran suatu *buffer* proyek, ada faktor-faktor resiko sebagai berikut : gangguan dalam persediaan material dan alat, pembiayaan tidak beraturan, kesalahan disain, cuaca buruk, kerusakan peralatan, pemborong tidak efisien, gangguan administrasi yang sah, dan lain-lain.

Maka untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari jadwal yang direncanakan dengan batasan sumber daya, aplikasi *buffer/penyangga* didalam *Critical Chain* digunakan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Dimana *buffer* digunakan untuk melindungi jadwal proyek secara global dari ketidakpastian-ketidakpastian pada setiap pekerjaan sehingga dapat diselesai tepat waktu. *Buffer* yang digunakan di dalam *critical chain* adalah sebagai berikut :

- c. *Project buffer* adalah untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian jadwal di dalam aktivitas *critical chain*. *Project buffer* ditempatkan pada akhir proyek setelah pekerjaan yang berada didalam jaringan kritis yang terakhir.
- d. *Feeding buffers* adalah untuk melindungi dan menjaga kinerja aktivitas jaringan *critical chain* dari perubahan karena ketidakpastian jadwal di dalam aktivitas dari jaringan-jaringan yang tidak kritis sehingga tidak mengganggu aktivitas didalam jaringan kritis dalam hubungan ketergantungan, Hanya ketika 100% dari *feeding buffer* dihabiskan untuk mengerjakan pekerjaan pada rantai yang tidak kritis baru akan berpengaruh pada *critical chain* dan *project buffer*. *Feeding buffer* ditempatkan pada persimpangan (sambungansambungan) antara rantai yang tidak kritis dengan *critical chain*.
- e. *Resource buffer* adalah untuk mengantisipasi dan menjamin keamanan dari ketersediaan sumber daya, sehingga tidak ada penambahan waktu untuk *critical chain*, *Resource buffer* ditempatkan pada *critical chain*.



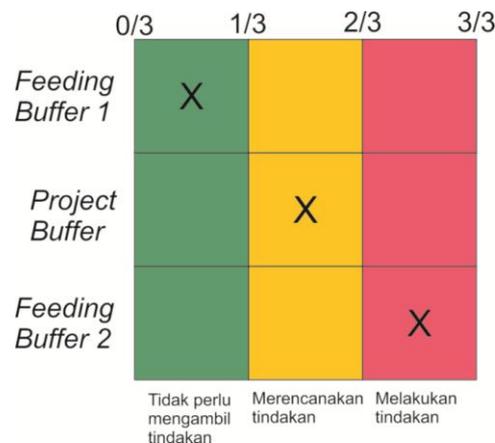
Gambar 2.16 Penempatan *Feeding Buffer* dan *Project Buffer*

Manajemen *buffer* menyediakan suatu alat antisipasi yang jelas untuk mengantisipasi tindakan-tindakan dan keputusan-keputusan di dalam suatu proyek. Dimana instrumen yang digunakan adalah dengan memperlihatkan pada sejauh mana *penetrasi buffer* terhadap suatu interval waktu, yang nantinya akan memberi suatu pandangan perspektif dari tingkat konsumsi *buffer*. Sehingga tim proyek perlu memonitor *Project buffer* dan *feeder-feeder buffer* pada interval waktu tertentu pada proyek, biasanya pada *progress* mingguan. Para manajer proyek dalam melakukan monitoring dan mengontrol jadwal yaitu dengan menjaga jalur (*track*) dimana seberapa besar *Project buffer* telah dikonsumsi.

Project buffer dan *feeder buffer* yang harus dimonitor sedikitnya pada interval waktu $\frac{1}{3}$ dari jumlah keseluruhan waktu *Project buffer*. Para manajer proyek harus meng-updet *buffers-buffer* setiap kali mereka memonitor pekerjaan pada masing-masing pengawas lapangan, untuk memperkirakan seberapa banyak waktu yang mereka sudah habiskan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan sampai dengan sekarang. Karena proses-proses monitoring dan ketersediaan sumber daya adalah berdasar pada laporan masing-masing pengawas lapangan. Dimana Sejumlah waktu yang tersedia diharapkan tidak berubah untuk menyelesaikan semua pekerjaan yang belum diselesaikan. Sehingga bukan

berapa banyak pekerjaan yang mereka sudah selesaikan sejauh ini, tetapi berapa banyak waktu yang tersedia untuk menyelesaikan semua pekerjaan.

Dalam menganalisa sisa waktu yang tersedia dapat dilihat pada konsumsi buffer yang ditunjukkan pada penetrasi buffer terhadap suatu interval waktu. Jika penetrasi ke dalam buffer-buffer adalah hijau, hal ini menunjukkan pekerjaan terakhir pada critical chain diselesaikan lebih awal atau penetrasi ke dalam buffer adalah kurang dari 1/3 Project buffer sehingga tidak perlu mengambil tindakan apapun. Jika penetrasi ke dalam buffer-buffer adalah kuning, hal ini menunjukkan suatu pekerjaan memerlukan waktu tambahan atau waktu penyelesaian akhir terlambat dan bila dihubungkan dengan penetrasi buffer adalah antara 1/3 dan 2/3 Project buffer, maka tim proyek perlu merencanakan tindakan-tindakan yang perlu dilakukan pada critical chain untuk mempercepat kegiatan berikutnya (mengembalikan buffer). Jika penetrasi ke dalam buffer-buffer adalah merah, hal ini menunjukkan penetrasi buffer melebihi dari 2/3 Project buffer, tim proyek harus mengambil tindakan segera.

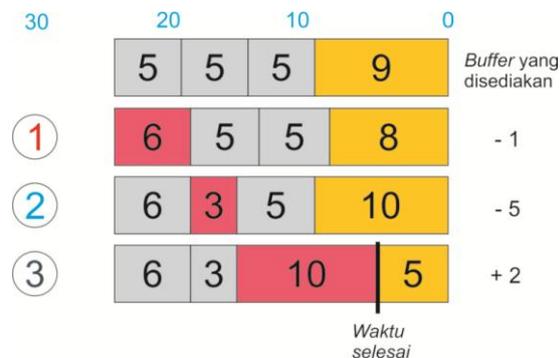


Gambar 2.17 Penetrasi Buffer dengan menyediakan pengukuran dengan kontrol CCPM

(Sumber : Larry P. Leach, 2000)

Untuk menjelaskan bagaimana cara buffer bekerja untuk melindungi jadwal proyek dari resiko ketidakpastian dapat dilihat pada

gambar 2.18. Sebagai contoh kita kembali melanjutkan dengan proyek yang sama dengan tiga pekerjaan masing-masing mempunyai durasi 10 hari, kemudian waktu yang direncanakan sebagai suatu rantai kritis proyek adalah 15 hari jangka waktu proyek yang di harapkan dan sembilan hari waktu keamanan proyek (buffer).



Gambar 2.18 Perhitungan Konsumsi Buffer
(Sumber : Larry P. Leach, 2000)

Kemajuan pekerjaan proyek aktual adalah sebagai berikut :

- Gambar 2.18 1. menjelaskan pekerjaan yang pertama menghabiskan waktu pekerjaan enam hari dari lima hari waktu yang diharapkan, maka buffer proyek berkurang satu hari menjadi delapan hari waktu keamanan proyek.
- Gambar 2.18 2, menjelaskan pekerjaan yang kedua menghabiskan waktu pelaksanaan tiga hari dari lima hari sebagai ganti lima hari waktu yang diharapkan, maka buffer proyek ditambahkan dua hari dari buffer sebelumnya menjadi sepuluh hari waktu keamanan proyek.
- Gambar 2.18 3, Menjelaskan pekerjaan yang ketiga menghabiskan waktu selama 10 hari dari lima hari waktu yang diharapkan, maka buffer proyek berkurang lima hari menjadi lima hari waktu keamanan proyek.

Hasil akhir dari proyek tersebut dapat menjelaskan bahwa kita dapat menyelesaikan proyek lebih awal yaitu selama 24 hari. Itu berarti jika proyek ini dilaksanakan dalam waktu 10 hari, kita dapat

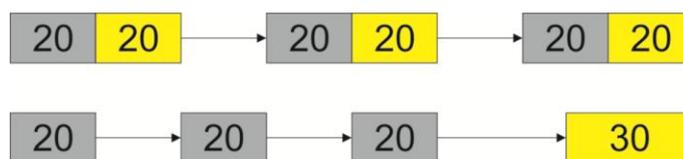
mengharapkan bahwa sembilan diantara sepuluh hari, proyek itu akan selesai dalam waktu 24 hari. Tetapi karena kita mengurangi enam hari dari jadwal rencana yaitu 30 hari. Maka kita telah menginvestasikan sabagian dari buffer proyek untuk meningkatkan kemungkinan 95%, 98%, atau lebih untuk pekerjaan berikutnya.

2.4.8 Metode Pengukuran *Buffer*

Didalam literature, terdapat 2 metode pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan ukuran buffer yang sederhana untuk menentukan *project buffer* dan *feeder buffer* yaitu *cut and paste method* (C&PM juga disebut 50% aturan) dan *Root Square Error method* (RSEM).

1. Metode *Cut and Paste* (C&PM)

Feeding buffer di dalam C&PM pada dasarnya memotong 50% dari durasi untuk semua aktivitas, dan untuk melekatkan *project buffer* dengan separuh durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai, seperti halnya untuk melekatkan *buffer* pengisi dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada jalur yang tidak rantai kritis (*non-critical chain*) yang membawa kepada rantai kritis. Sebagai contoh, dapat dilihat pada gambar 2.19, dalam rantai kritis dengan 3 aktivitas, setiap tugas dengan waktu ketidaktentuan 20, yang berasal dari pemotongan sebesar 50% dari aktivitas keseluruhan waktu kerja 40, dan *project buffer* mempunyai 30 sebagai ukuran *buffer* yang ditambahkan pada akhir rantai kritis yang mempunyai durasi 60.



Gambar 2.19 Contoh perhitungan buffer dengan metode C&PM

2. Metode *Root Square Erros (RSEM)*

Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan buffer proyek dan feeding buffer di dalam (RSEM) memerlukan 2 estimasi durasi tugas, pertama estimasi aman (S) mempunyai cukup pengaman untuk melindungi dari semua kemungkinan besar sumber keterlambatan, dan yang kedua estimasi rata-rata yaitu 50% dari durasi tugas. Asumsi waktu penyelesaian tugas adalah bebas, ukuran buffer ditetapkan sebagai 2 standar deviasi.

$$2\sigma = 2\sqrt{\left(\frac{S_1-A_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2-A_2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n-A_n}{2}\right)^2}$$

Dimana n adalah banyaknya aktivitas dalam rantai kritis atau pengisi rantai.

3. *The Square Root of the Sum of Squares Method(SSQ)*

Di dalam metoda ini, ukuran buffer adalah akar dua penjumlahan kwadrat dari perbedaan antara durasi resiko yang rendah dan durasi rata-rata untuk masing-masing tugas waktu tunggu sepanjang rantai pada buffer. Jika cabang alur yang menuju akhir, boleh digunakan hanya satu rantai yang terpanjang atau hasil yang paling besar dengan mempertimbangkan masing-masing rantai.

4. *Metode Bias Plus SSQ*

Metoda ini adalah suatu kombinasi 50% dari metoda Rantai (C&PM) dan metoda SSQ. buffer terdiri dari suatu bagian tetap, yang ditambah pada perhitungan SSQ buffer. Bagian yang diperhitungkan meliputi variasi yang meliputi penyimpangan tetapi jauh lebih kecil dibanding 50% dari rantai (C&PM). Metode ini menyediakan beberapa petunjuk untuk menetapkan perekat atau bagian penyimpangan dari buffer, tetapi tetap penilaian pengalaman harus digunakan dalam menentukan ukuran buffer. Pedoman dapat dilihat pada table 2.3

2.5 Penelitian Sebelumnya

a. Winda Desi Kurniawati :

Critical Chain Project Management (CCPM) Untuk Mengatasi Ketidakpastian Dan Keterbatasan Sumber Daya Pada Sebuah Proyek.

<http://eprints.undip.ac.id/7239/>

Diakses : Nov 2013

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya yang terbatas dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarasanya telah digariskan dengan jelas. Adanya batasan-batasan dalam kegiatan proyek menyebabkan timbul ketidakpastian yang seringkali kurang diperhitungkan dalam perencanaan. Ketidak pastian dalam kegiatan proyek ini apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan perubahan yang tidak diinginkan dalam waktu (*time*), biaya (*cost*), dan mutu (*quality*). Dari studi pendahuluan yang telah dilakukan penulis terhadap performansi proyek PT Hutama Karya mulai bulan Januari 2006 sampai bulan Desember 2006 didapatkan hasil bahwa tiap bulan rata-rata 23.43% proyek mengalami penyimpangan rencana atau keterlambatan, 55.65% keterlambatan disebabkan faktor internal seperti kekurangan tenaga kerja, kekurangan peralatan, kerusakan peralatan, keterlambatan material, keterlambatan suatu kegiatan menyebabkan keterlambatan kegiatan selanjutnya, dan hal lainnya yang bersifat internal. Agar keterlambatan dapat dihindari maka ketidakpastian akibat keterbatasan sumber daya, keterbatasan waktu, kerusakan mesin, keterlambatan material, dan lain-lain faktor sejenisia harus dikelola dengan baik.

Critical Chain Project Management (CCPM) merupakan penerapan *Theory of Constrain* dalam manajemen proyek. Proyek dapat dipandang sebagai sebuah sistem, dan setiap sistem mempunyai konstrain. Dalam proyek keterbatasan sumber daya merupakan konstrain utama yang menghambat penyelesaian proyek secara lebih cepat. CCPM menerapkan

langkah-langkah TOC untuk manajemen pelaksanaan proyek dengan langkah-langkah sebagai berikut, identifikasi *critical chain* atau rantai kritis proyek, eksploitasi ketidakpastian dengan menambahkan *project buffer*, subordinasi sumber daya non konstrain agar bekerja seirama dengan sumber daya konstrain, serta eliminasi *date driven* dan *multitasking*.

Proyek Pembangunan Kantor Bupati, Kantor DPRD Kabupaten Sekadau Dan Jalan Utama yang semula diselesaikan dalam kurun waktu 69 minggu, dengan penerapan CCPM dapat selesai dalam kurun waktu 63 minggu sehingga dapat menurunkan biaya umum proyek sebesar 8,69% atau sekitar Rp 437.004.873,8. Schedule Variance (SV) yang semula rata-rata 0,05% lebih lambat dari perencanaan, dengan penerapan Metode CCPM menjadi 17,14% lebih cepat dari perencanaan. Schedule Performance Index (SPI) yang semula 0,98 dengan penerapan CCPM menjadi 1.15. Nilai SPI > 1 mengindikasikan bahwa dengan penerapan Metode CCPM Proyek Pembangunan Kantor Bupati, Kantor DPRD Kabupaten Sekadau Dan Jalan Utama berjalan lebih cepat dan menunjukkan kinerja yang lebih baik.

b. Rizki Nurannisa heryanti

Analisa Penerapan Critical Chain Project Management Pada Proyek Pembangunan Rusunawa Kediri

http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=55910&obyek_id=4

Diakses : Nov 2013

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya yang terbatas dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarasanya telah digariskan dengan jelas. Dari studi pendahuluan yang telah dilakukan penulis terhadap performansi proyek PT Waskita Karya khususnya pada proyek Rusunawa Kediri mulai pelaksanaan proyek yaitu

bulan Agustus 2010 sampai bulan Maret 2011 didapatkan hasil bahwa tiap bulan rata-rata 11,07%, yang berarti pada jadwal yang seharusnya telah selesai proyek masih berada pada progress 77,49%. Proyek mengalami penyimpangan rencana atau keterlambatan sebesar 22,51%. Keterlambatan disebabkan faktor internal seperti kekurangan tenaga kerja, kekurangan peralatan, kerusakan peralatan, keterlambatan material, keterlambatan suatu kegiatan menyebabkan keterlambatan kegiatan selanjutnya, dan hal lainnya yang bersifat internal. Agar keterlambatan dapat dihindari maka ketidakpastian akibat keterbatasan sumber daya, keterbatasan waktu, kerusakan mesin, keterlambatan material, dan lain-lain faktor sejenis harus dikelola dengan baik. Critical chain project management (CCPM) adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut Theory of Constraint (TOC), ccpm didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian yang saling berkaitan dimana keterkaitan satu dengan yang lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan. Persyaratan ccpm ini adalah tidak adanya multitasking, menghilangkan hidden safety dan memindahkannya dalam bentuk buffer dibelakang kegiatan proyek dan menitik beratkan pada jadwal akhir selesainya proyek. Pada Proyek Pembangunan Rusunawa Kediri semula dijadwalkan akan selesai selama 175 hari, setelah dianalisa dengan penerapan CCPM proyek dapat selesai selama 143 hari. Schedule Variance (SV) pada penjadwalan minggu ke-16 (minus) Rp. -11.267.392,183, lebih lambat dari perencanaan. Schedule Performance Index (SPI) 0,98 yang berarti kurang dari 1 (<1), Nilai SPI < 1 mengindikasikan bahwa dengan penerapan Metode Penjadwalan Proyek Pembangunan Rusunawa Kediri berjalan lebih lama dan menunjukkan kinerja yang kurang baik.