

EVALUASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM (CRITICAL PATH METHODE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN MALL SUZUYA JLN.KARYA WISATA MEDAN JOHOR

Ananda Wilson Simanungkalit¹⁾, Marwan Lubis²⁾, Ronal HT Simbolon³⁾

¹⁾Alumni, ^{2,3)}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Islam Sumatra Utara

marwanlubis@gmail.com; ronal.h.t.simbolon@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Karakteristik proyek dipandang dalam tiga dimensi yaitu unik, melibatkan sumber daya dan membutuhkan organisasi, sehingga proses penyelesaiannya harus berpegangan pada tiga kendali yaitu sesuai spesifikasi yang di tetapkan, time schedule dan sesuai biaya yang direncanakan dan semua diselesaikan secara simultan sehingga proyek kontruksi berbeda dengan yang lain nya pemahaman kontruksi dibagi dalam dua kelompok yaitu teknologi kontruksi yang merupakan metoda atau teknik yang digunakan untuk mewujudkan bangunan fisik dan manajemen kontruksi yang mengatur bagaimana sumber daya yang terlibat di dalam nya dapat di aplikasikan secara tepat sehingga penetapan tujuan, perencanaan, pengorganisasian, pengisian staff, pengarahan, pengawasan, pengendalian, dan koordinasi berjalan dengan baik. Maka untuk mengoptimalkan jangka waktu proyek untuk pekerjaan yang bisa dipercepat serta bisa mentargetkan penyelesaian proyek pembangunan tersebut diperlukan suatu alternative pemecahan masalah, yaitu dengan dengan mengaplikasikan metode CPM (Critical Path Methode). Dari hasil penelitian ini didapatkan hampir seluruh rangkaian kegiatan proyek merupakan jalur kritis. Sehingga proyek ini adalah proyek crease progress dan tentunya pengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan, dan akan lebih banyak memerlukan sumber daya yang lebih besar pula namun dapat mempersingkat waktu dari schedule awal. Dan tentunya manajemen proyek telah mempertimbangkan sebelum nya karena yang terpenting proyek kontruksi harus tepat biaya, tepat waktu dan tepat mutu. Beberapa kegiatan yang dapat dipercepat antar lain adalah kegiatan-kegiatan utama yaitu pekerjaan persiapan. Pada kondisi rill perusahaan, waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan proyek adalah 150 minggu sedangkan dengan menggunakan metode CPM (Critical Path Methode) percepatan diperoleh waktu selama 130 minggu. Sehingga metode CPM (Critical Path Methode) dapat menghasilkan waktu penyelesaian proyek lebih cepat 20 minggu.

Kata-KataKunci : Kuat Tekan, Semen Protland, Komposit, CPM (Critical Path Methode)

I. Pendahuluan

Dalam pelaksanaan proyek di butuhkan perencanaan dan penjadwalan yang terperinci tentang aktifitas kegiatan, waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal serta waktu yang optimis (waktu yang sesuai dengan jadwal di harapkan cepat baik untuk pihak kontraktor maupun pihak owner).

Salah satu proyek pembangunan gedung yang saat ini sedang di kerjakan oleh kontraktor PAJ CONSTRUCTION adalah proyek pembangunan Mall Suzuya dengan durasi waktu penyelesaian proyek 201 (Dua Ratus Satu) minggu kalender

Proyek ini sudah tentu mengeluarkan biaya-biaya yang cukup besar serta memakan jangka waktu pelaksanaan proyek yang lama. Dalam pengerjaan ini masalah yang sering dihadapi adalah tentang penggunaan waktu yang kurang efektif kalau pengiriman perlengkapan barang / bahan. Hal ini disebabkan oleh pelaksana pekerjaan yang tidak tepat waktu sehingga menghambat pekerjaan lainnya yang berhubungan dengan pekerjaan tersebut. Maka diperlukan metode untuk mengoptimalkan jangka waktu dan meminimisasi total biaya proyek

untuk pekerjaan yang bisa dipercepat serta bisa mentargetkan penyelesaian proyek tersebut dengan optimal dan tepat waktu.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Manajemen Proyek Secara Umum

Manajemen proyek adalah pengelolaan kegiatan yang berkaitan dengan mewujudkan gagasan sampai menjadi hasil proyek berbentuk fisik. Manajemen proyek merupakan penerangan dari fungsi manajemen (perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian) secara sistematis pada suatu proyek secara efektif dan efisien, agar tercapai tujuan proyek secara optimal. Agar tercipta suatu manajemen proyek yang baik, maka sistem manajemen dalam suatu proyek harus memenuhi beberapa syarat dan ketentuan

2.2 Pengertian Proyek

Kegiatan proyek dapat di artikan sebagai satu kegiatan yang unik yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas / tertentu, dengan alokasi sumber daya tertentu dan di maksudkan untuk menghasilkan produk yang kriteria mutunya telah di gariskan dengan jelas. (Soeharto imam, 1998)

Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam priode tertentu (*temporer*) (*Maharesi,2002*).

Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali, dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir di batasi oleh kurun waktu tertentu (*Tampubolon,2004*).

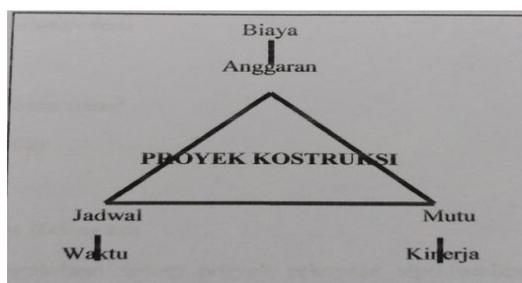
2.3 Ciri-ciri Proyek

Berdasarkan pengertian proyek di atas, ciri-ciri proyek antara lain :

- Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
- Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek.
- Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran biaya, dan mutu hasil akhir.
- Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang.
- Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

2.4 Sasaran Proyek Dan Tiga Kendala

Selain berbentuk bangunan, di atas telah disebutkan bahwa tiap proyek memiliki tujuan khusus, misalnya membangun rumah tinggal, jembatan atau instalasi pabrik. Dapat pula berupa produk hasil kerja penelitian dan pengembangan. Di dalam proses mencapai tujuan tersebut, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering dialokasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan di atas disebut tiga kendala (*triple constraint*). Perhatikan Gambar 1.



Gambar 1. Sasaran proyek yang juga merupakan tiga kendala (*triple constraint*)

a. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau priode tertentu. Misalnya, perkuartal yang jumlahnya di sesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian, penyelesaian

bagian-bagian proyek pun harus memenuhi sasaran anggaran per periode.

b. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang ditentukan.

c. Mutu

Produk hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

2.5 Macam Proyek

Menurut *Soeharto imam (1998)*, Di lihat dari komponen kegiatan utamanya macam proyek dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. *Proyek Engineering-Konstruksi*

Komponen kegiatan utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain engineering, pengadaan, dan konstruksi. Contoh proyek macam ini adalah pembangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan raya, fasilitas industri.

b. *Proyek Engineering-Manufaktur*

Proyek ini dimaksudkan untuk menghasilkan produk baru. Jadi, produk tersebut adalah hasil usaha kegiatan proyek. Dengan kata lain, proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru. Kegiatan utamanya meliputi desain-engineering, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perkaitan, uji coba fungsi dan oprasi produk yang dihasilkan.

c. *Proyek penelitian dan pengembangan*

d. *Proyek pelayanan manajemen*

e. *Proyek capital*

f. *Proyek radio-Telekomunikasi*

(*Soeharto Imam,1998*)

2.6 Fungsi Manajemen Rekayasa

Manajemen pengelolaan setiap proyek rekayasa sipil meliputi delapan fungsi dasar manajemen, yaitu:

- Penetapan tujuan (*goal setting*)
- Perencanaan (*planning*)
- Pengorganisasian (*organizing*)
- Pengisian staf (*staffing*)
- Pengarahan (*directing*)
- Pengawasan (*supervising*)
- Pengendalian (*controlling*)
- Kordinasi (*coordinating*)

Setiap fungsi tersebut di atas merupakan tahap yang harus dipenuhi. Jadi, tidak mungkin salah satu dari fungsi tersebut ditinggalkan. Pengelolaan proyek akan berhasil baik jika semua fungsi manajemen dijalankan secara efektif. Ini dicapai dengan jalan menyediakan sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap fungsi tersebut dan menyediakan kondisi yang tepat sehingga memungkinkan orang-orang untuk melaksanakan tugasnya masing-masing.

2.7 Pengaturan jadwal yang ekonomis

Metode jaringan kerja CPM dapat digunakan untuk masalah tersebut, yaitu dengan memperkirakan:

- a. Jadwal yang ekonomis bagi suatu proyek, yang didasarkan atas biaya langsung untuk mempersingkat waktu penyelesaian komponen-komponenya.
- b. Jadwal yang optimal dengan memperhatikan biaya langsung dan tidak langsung.

Langkah ini dilakukan dengan mengadakan analisis hubungan antara waktu terhadap biaya. Di mulai dari satu kegiatan, kemudian dikembangkan bagi semua kegiatan-kegiatan yang merupakan suatu proyek. (Soeharto Imam, 1998)

2.8 Konsep Dan Pemikiran Manajemen

Ada beberapa pendapat dari pengamat mengenai konsep manajemen, seperti di bawah ini:

- a. John D. Millet
John D. Millet menyatakan bahwa: “Manajemen adalah proses mengarahkan dan melancarkan pekerjaan sekelompok orang-orang untuk mencapai tujuan yang diharapkan”. Elmore Petersons dan E. Grosvenor Plowman
- b. Petersons dan plowman berpendapat bahwa:”Manajemen dapat didefinisikan sebagai suatu teknik atau cara untuk menentukan, menggolongkan dan melaksanakan maksud dan tujuan sekelompok manusia”.
- c. Ralph C. Davis
“Manajemen adalah fungsi pimpinan eksekutif di mana saja”.
- d. Ordway Tead
“Manajemen adalah proses dan badan yang mengarahkan dan membimbing kegiatan suatu organisasi dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan”.
- e. John F. Mee
“Manajemen adalah suatu seni untuk mencapai hasil sebesar-besarnya dengan jerih-payah sekecil-kecilnya, dengan demikian memperoleh kemakmuran dan kebahagiaan bagi majikan dan buruh serta pula memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada masyarakat”.
- f. S. Kimball and D.S, Kimball jr
“Manajemen mencakup semua tugas dan fungsi yang berkenaan dengan pendirian suatu perusahaan, pembiayaan, penentuan kebijaksanaan, penyediaan semua peralatan yang diperlukan, penyusunan kerangka umum organisasi serta pemilihan pejabat-pejabat terasnya”.
- g. Gorge R. Terry
“Manajemen adalah suatu proses yang khas dan meliputi perencanaan, engorganisasian, penggerakan, dan pengawasan, yang di tiap bidang mempergunakan ilmu pengetahuan dan seni secara teratur untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan”. (*Reksopoetranto Soemardi, 1992*)

Konsep manajemen proyek menginginkan adanya penanggung jawab tunggal yang berfungsi sebagai pusat sumber informasi yang berkaitan dengan proyek, integrator, dan kordinator semua kegiatan dan peserta sesuai kepentingan dan prioritas proyek. Konsep manajemen proyek juga bertujuan menciptakan keterkaitan yang erat antara perencanaan dan pengendalian. Hal ini terutama disebabkan cepatnya perubahan kegiatan dan berlangsung hanya sekali. Perumusan dan pelaksanaan konsep manajemen proyek melalui evolusi yang bertingkat-tingkat dimulai dari ekspeditor, kordinator, sampai menjadi bentuk seperti yang saat ini kita jumpai.

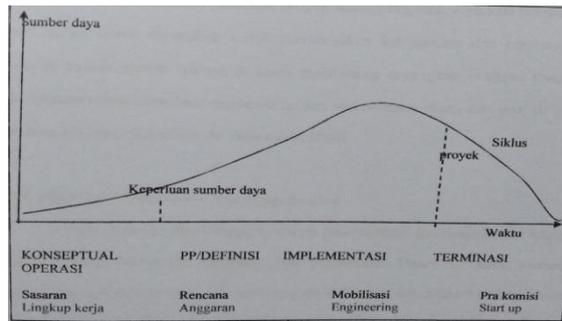
Dari sejumlah pemikiran manajemen modern, sedikitnya ada tiga yang berpengaruh besar dan berkaitan erat dengan konsep manajemen proyek. Ketiga pemikiran manajemen modern itu adalah *manajemen klasik* atau *manajemen fungsional* atau “*general manajemen*”, *pemikiran sistem*, dan *pendekatan contingency*.

Manajemen klasik menjelaskan tugas-tugas manajemen berdasarkan fungsinya, yaitu merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan. *Pemikiran sistem* adalah pemikiran yang memandang segala sesuatu dari wawasan totalitas. Metodologinya yang erat berhubungan dengan penyelenggaraan proyek adalah system analis, sistem engeneering, dan sistem manajemen. Adapun pendekatan *contingency* atau situasional pada dasarnya berpendapat bahwa tidak ada satupun pendekatan manajemen terbaik yang dapat dipakai untuk mengelola setiap macam kegiatan. Atau dengan kata lain, teknik pengelolaan yang berkerja baik untuk suatu kegiatan tertentu tidak menjamin keberhasilan yang sama bagi kegiatan yang berbeda. Situasinya dapat berubah setiap waktu. Oleh karena itu pengelolaan harus bersifat luwes (*flexible*).

2.9 Dinamika Dalam Siklus Proyek

Telah disebutkan sebelumnya bahwa proyek berbeda-beda dalam hal kompleksitas, ukuran, dan sumber daya yang diperlukan. Meski demikian, setiap proyek memiliki pola tertentu yang merupakan ciri pokok yang melekat dan membedakannya dari kegiatan operasional rutin. Semakin besar dan kompleks suatu proyek, ciri tersebut makin terlihat. Ciri pokok ini dikenal sebagai dinamika kegiatan sepanjang siklus proyek (*project life cycle*). Dalam siklus proyek, kegiatan-kegiatan berlangsung mulai dari titik awal, kemudian jenis dan intensitasnya meningkat sampai puncak (*peak*), turun, dan berakhir. Kegiatan-kegiatan tersebut memerlukan sumber daya yang berupa jam-orang (*man-hour*), dana, material atau peralatan. Bila dibuat grafik dengan sumber daya pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal, maka akan terlihat siklus proyek sebagai garis lengkung dengan titik-titik

awal, puncak, dan akhir, seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan keperluan sumber daya terhadap waktu dalam siklus proyek.

Sumber : Soeharto Imam, Manajemen proyek, 1998

2.6. Evaluasi Proyek

Evaluasi suatu proyek pada dasarnya adalah suatu pemeriksaan secara sistematis terhadap masa lampau yang akan digunakan untuk meramalkan, memperhitungkan, dan mengendalikan garis depan secara lebih baik. Dengan demikian evaluasi lebih bersifat melihat kedepan dari pada mencari kesalahan-kesalahan proyek. Atau dengan kata lain, tujuan evaluasi adalah untuk penyempurnaan proyek dimasa mendatang dan lingkungnya lebih luas dari pada monitoring dan pelaporan.

Berdasarkan pada waktu pelaksanaanya terdapat dua macam evaluasi, yaitu: Evaluasi summatif yang dilakukan setelah proyek berakhir dan evaluasi formatif yang dilaksanakan pada saat proyek sedang berjalan. Evaluasi summative bermanfaat untuk digunakan untuk merumuskan kebijaksanaan dan perencanaan proyek-proyek serupa lainnya di masa mendatang, sedangkan evaluasi formatif digunakan untuk keperluan penyesuaian dan perencanaan ulang atas proyek yang sedang berjalan. (*Dipohusodo Istimawan, 1996*)

2.7. Diagram Perencanaan dan Penjadwalan

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 pengerjaanya. Disini bias juga dilihat aktivitas mana yang harus mulai dulu dan aktifitas mana yang menyusulnya. (Santosa Budi,2009)

2.8. Kegunaan Jaringan Kerja

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut,seperti:

- Berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek

- Kegiatan-kegiatan mana yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek.
- Apabila terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Di samping itu jaringan kerja berguna untuk:

- Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks.
- Membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis.
- Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.

Di antara berbagai versi analisis jaringan kerja yang amat luas pemakaiannya adalah metode jalur kritis (Critical path method-CPM), teknik evaluasi dan riview proyek, dan metode preseden diagram. Jaringan kerja merupakan metode yang dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan unsur proyek, dan pada giliran selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan jaringan kerja adalah:

- Macam-macam aktivitas yang ada.
- Ketergantungan antara aktivitas, mana yang lebih dahulu diselesaikan, mana yang menyusul.
- Urutan logis dan masing-masing aktivitas.
- Waktu penyelesaian tiap aktivitas.

Ada dua pendekatan dalam hal menggambarkan diagram jaringan kerja, yang pertama, kegiatan digambarkan dengan simpul (node), *Activity On Node* (AON). Sedangkan peristiwa atau event, diwakili oleh anak panah. Yang kedua aktivitas digambarkan oleh anak panah, *Activity On Arch* (AOA). Sedangkan kejadian digambarkan dengan simpul.

2.9 Metode-metode Penjadwalan proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelolah waktu dan sumber daya proyek, diantaranya ialah:

2.9.1 Bagan balok atau Bar Chart

Metode ini ditemukan oleh Gantt Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan balok infomatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana.

2.9.2 Metode NetWork Planning

Metode ini diperkenalkan pada tahun 50-an oleh team perusahaan Dupont dan kembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode ini

relative lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi Network Planning-lah monitoring serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan mempengaruhi jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lainnya. (Reksopoetranto Soemardi, 1992)

2.9.3 Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)

Metode ini direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan akan tergantung pada banyak factor dan variasi, Sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang, yaitu dengan memakai tiga angka estimasi.

2.9.4 Metode Diagram Preseden

Adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON. Di sini kegiatan dituliskan didalam node yang umumnya berbentuk segiempat, sedangkan anak panahnya sebagai petunjuk hubungan Antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian, *dummy* yang dalam CPM dan PERT merupakan tanda yang penting untuk menunjukkan hubungan ketergantungan, di dalam PDM tidak diperlukan.

2.9.5 Metode Jalur Kritis (CPM)

Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang cepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek. (Soeharto Imam, 1998)

2.9.5.1 Diagram batang (Bar Charts)

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (bar charts). Bar charts digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakaiannya.

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical. Kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, dari daftar kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mungkin mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan. (Ervianto. wulfram I,2005)

2.9.5.2 Jaringan Kerja (NetWork Planning)

NetWork Planning merupakan suatu cara baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Yaitu suatu gambaran dari rencana proyek dan urutan-urutan dari pada kegiatan yang harus dilaksanakan.

Penggunaan NetWork Planning pada penyelenggaraan proyek yaitu ;

1. Untuk memasukan informasi tetap
2. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan
3. Sumber daya dalam keadaan siap pakai
4. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Dalam menyusun rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:
 - a. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksanaan pekerjaan.
 - b. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan.
 - c. Pengadaan matrial konstruksi, Harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah matrial yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilihan jenis matrial yang akan digunakan harus dilakukan di awal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis matrial yang memerlukan waktu untuk pengadaan. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan matrial konstruksi.
 - d. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan mendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis, kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.
 - e. Gambar kerja, selain gambar rencana, pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian-bagian tertentu. Untuk itu, perlu dilakukan pendataan bagian-bagian yang memerlukan gambar kerja.

- f. Kontinuitas pelaksanaan kegiatan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan.

Manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja Antara lain:

- a. Alat koordinasi bagi pimpinan, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada dilapangan.
- b. Sebagai pedoman kerja para pelaksana, rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitannya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item kegiatan.
- c. Sebagai penilai kemajuan kerja, ketetapan waktu dari setiap item kegiatan dilapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan dilapangan.
- d. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari perbandingan rencana dan realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya. (Ervianto. *Wulfram I*, 2005)

Untuk mencapai tujuan secara efektif, maka perlu diperhatikan unsur-unsur perencanaan :

- a. Tujuan (*Objectives*), yaitu perumusan secara jelas dan terperinci mengenai sasaran yang akan dicapai.
- b. Kebijaksanaan (*Policy*), yaitu garis-garis besar cara yang dipergunakan untuk mencapai tujuan/sasaran yang telah ditetapkan.
- c. Prosedur (*Procedure*), yaitu pembagian tugas serta hubungan-hubungan keatas dan kesamping antara pelaksana-pelaksana perencanaan.
- d. Evaluasi kemajuan, yaitu penentuan norma-norma dan standart untuk mengukur kemajuan, secara kuantitatif, kualitatif, dan unsur waktu.
- e. Program, yaitu keseluruhan rencana dan urutan-urutan kegiatan yang akan dilaksanakan. (Reksopoetranto Soemardi, 1992)

2.9.5.3 NetWork Diagram

Network adalah grafik dari suatu rencana produk yang menunjukkan interelasi dari berbagai aktivitas. *NetWork* juga sering disebut diagram panah, apabila hasil-hasil perkiraan dan perhitungan waktu telah dibutuhkan pada network maka ini dapat dipakai sebagai jadwal proyek (*project schedule*). Untuk membentuk gambar dari network tersebut perlu digunakan symbol-simbol, antara lain:

- a. Anak panah / *Arrow*
Yang menyatakan aktivitas / kegiatan yaitu suatu kegiatan atau pekerjaan dimana penyelesaiannya membutuhkan durasi (jangka

waktu tertentu) dan *resources* (tenaga,alat, material dan biaya).

- b. Node / event
Yang merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian yaitu pertemuan dari permulaan dan akhir kegiatan.
- c. Dummy
Yang menyatakan kegiatan semu yaitu aktivitas yang tidak membutuhkan durasi dan *resources*
- d. Double Arrow
Merupakan symbol yang melewati jalur kritis.

2.9.5.4 Simbol Dalam Net Work Diagram

Syarat symbol yang harus dipenuhi :

- a. Sebuah network diagram hanya terdiri dari 3 simbol
- b. Anak panah (kegiatan)
- c. Lingkaran (peristiwa)
- d. Anak panah dengan garis putus-putus (hubungan antar peristiwa)
- e. Satu anak panah hanya melambangkan satu kegiatan dan satu kegiatan hanya dilambangkan oleh satu anak panah.
- f. Banyaknya anak panah dan kaitannya satu dengan lain harus mengikuti dan sesuai dengan prasyarat / definisi permasalahan.
- g. Setiap network diagram sebuah proyek harus dimulai pada suatu peristiwa awal dan selesai pada suatu peristiwa akhir.
- h. Didalam network diagram tidak boleh ada satupun lintasan yang berputar.
- i. Jumlah peristiwa dan jumlah dummy harus cukup.

2.9.5.5 Hubungan Antar Simbol Dan Urutan Kegiatan Dalam Metode CPM

Menurut pangestu subagyo, Marwan Asri, dan T.Hani Handoko (2000;119), memperlihatkan hubungan-hubungan antar kegiatan seperti berikut :

Berikut beberapa gambar symbol kegiatan pada proyek, symbol antar peristiwa paling cepat dan selesai paling cepat dan symbol antar peristiwa paling lama dan selesai paling lambat.

2.9.5.6 Kelebihan dan kekurangan metode CPM (Critical path method)

Kelebihan yang terdapat dalam metode CPM adalah sebagai berikut:

- a. Sangat bermanfaat untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek besar.
- b. Konsep yang luas (secara langsung) dan tidak memerlukan perhitungan matematis yang rumit.
- c. Diagram dapat untuk melihat hubungan antar kegiatan proyek secara cepat.
- d. Analisa jalur kritis dan slack membantu menunjukkan kegiatan yang benar benar kritis.
- e. Dokumentasi proyek dan gambar menunjukkan siapa yang bertanggung jawab untuk berbagai kegiatan.
- f. Dapat diterapkan untuk proyek yang bervariasi
- g. Berguna dalam pengawasan biaya dan jadwal.

Kekurangan yang terdapat pada metode CPM adalah sebagai berikut:

- Kegiatan harus jelas dan hubungan harus bebas dan stabil.
- Hubungan pendahulu harus dijelaskan dan dijangkakan bersama-sama.
- Perkiraan waktu cenderung subyektif dan tergantung manajer.
- Ada bahaya terselubung dengan terlalu banyaknya penekanan pada jalur kritis, maka yang nyaris perlu diawasi. (Soeharto imam, 1998)

2.10. Terminologi Dan Perhitungan

Dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminology dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

- ET (*Earlist time of Occurance*) Waktu paling awal peristiwa (*node/event*) dapat terjadi (*Earlist 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 telah selesai.
- LT (*Latest Allowable Event/Occurance*) Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event/Occurance*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa peristiwa terjadi.
- ES (*Earlist Start Time*). Waktu paling awal suatu kegiatan (*Earlist Start Time*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
- EF (*Earlist Finish Time*). Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earlist Finish Time*). Bila hanya ada suatu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- LS (*Latest Finish Time*) Waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allomable Start Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- LF (*Latest Allomable Finish Time*) Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allomable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- D/ Durasi Adalah kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

2.11 Menentukan Waktu Penyelesaian

A. Hitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju Berikut ini adalah contoh sederhana untuk maksud diatas, dengan memakai visualisasi proyek. Pertama-tama perlu diingatkan kembali aturan (AT) atau kaidah dalam menyusun jaringan kerja berikut ini.

AT-1. Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai. Peristiwa satu menandai dimulainya proyek. Disini berlaku pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah = 0. Aturan selanjutnya untuk hitungan maju adalah seperti berikut ini.

AT-2. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. $EF = ES + D$ atau $EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j)$. Jadi, untuk kegiatan 1-2 didapat: $EF(1-2) = ES(1-2) + D = 0 + 2 = 2$. Analog dengan perhitungan di atas maka waktu selesai paling awal kegiatan 2-3 adalah hari ke-2 plus ke-3, sama dengan hari ke-5. Berikut kegiatan 2-4, kegiatan ini dimulai segera setelah kegiatan 1-2 selesai. Dengan kata lain, waktu selesai paling awal dari kegiatan 2-4 adalah sama dengan waktu selesai paling awal kegiatan awal 2-4 adalah $EF(2-4) = 2 + 5 = 7$. Dengan pengertian yang sama maka mulainya kegiatan 3-5 ditentukan oleh selesainya kegiatan 2-3, dan waktu selesai paling awal kegiatan 3-5 adalah $EF(4-5) = 7 + 6 = 13$. Kemudian sampai pada kegiatan 5-6, dimana sebelumnya didahului oleh 2 kegiatan yaitu 4-5 dan 3-5. Kaidah dasar jaringan kerja menyatakan bahwa kegiatan 5-6 baru dapat dimulai bila semua kegiatan yang mendahuluinya telah selesai.

AT-3. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulunya 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 waktu atau anggal paling akhir. "masih" dapat dapat dimulai danmengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Hitungan dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Untuk jelasnya, kembali disepakati contoh diatas di mana kurun waktu penyelesaian proyek adalah 16 hari. Agar tidak menunda penyelesaian proyek maka hari ke-16 harus merupakan hari/waktu paling akhir dari kegiatan proyek, atau waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi, $L(6) = EF(5-6) = 16$, dan $LF(5-6) = 16$ $L(6)$. Untuk mendapatkan angka waktu mulai paling akhir kegiatan 5-6, maka dipakai aturan jaringan kerja yang menyatakan bahwa:

AT-4. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai

paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan, atau $LS = LF - D$. Jadi, untuk kegiatan 5-6 dihasilkan: $LS(5-6) = LF(5-6) - D$ atau $= 16 - 3 = 13$

Selanjutnya, bila kegiatan 5-6 mulai pada hari ke-13, maka ini berarti kedua kegiatan yang mendahuluinya harus diselesaikan pada hari ke-13 juga, sehingga LF dari kegiatan 4-5 dan 3-5 adalah sama dengan LS dari kegiatan 5-6, yaitu hari ke-13. Dengan memakai aturan AT-4 di atas, dihasilkan angka-angka berikut:

Kegiatan 4-5, maka $LS(4-5) = 13 - 6 = 7$

Kegiatan 3-5, maka $LS(3-5) = 13 - 6 = 9$

Kegiatan 2-4, maka $LS(2-4) = 7 - 5 = 2$

Kegiatan 2-3, maka $LS(2-3) = 9 - 3 = 6$

Kegiatan 1-2, maka $LS(1-2) = 2 - 2 = 0$

Dengan meninjau peristiwa atau node 2, dimana terdapat kegiatan yang “ memecah ” menjadi dua atau lebih.

AT-5. Bila suatu kegiatan memiliki (memecah menjadi) 2 atau lebih kegiatan-kegiatan berikutnya (*successor*) seperti Gambar 2-7, maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.

Bila $LS(b) < LS(c) < LS(d)$ maka $LF(a) = LS(b)$. Untuk contoh di atas, maka $LF(1-2) = LS(2-4) = 2$

2.12 Peristiwa kritis, kegiatan kritis, dan lintasan kritis

A. Peristiwa Kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu SPA-nya sama dengan SPL-nya. Jadi untuk kegiatan kritis, SPL dikurangi SPA sama dengan nol.

B. Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sangat sensitive terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja, sedang kegiatan lainnya tidak, maka proyek akan mengalami keterlambatan selama satu hari. Sifat kritis ini disebabkan karena kegiatan tersebut harus dimulai pada satu saat (tidak ada mulai paling awal dan tidak ada mulai paling lambat) dan harus selesai pada satu saat (tidak ada selesai paling awal dan tidak ada selesai paling lambat).

Kesimpulannya berarti :

$$SPA_i = SPL_i \dots \dots \dots (1)$$

$$SPL_j = SPA_j \dots \dots \dots (2)$$

Karena harus dimulai pada suatu saat awal saja dan selesai suatu saat akhir saja dan tidak ada alternative saat lainnya, maka berlaku **rumus**:

$$SPA_i + L = SPA_j \dots \dots \dots (3)$$

$$SPL_i + L = SPA_j \dots \dots \dots (4)$$

Ket :

L = Lama kegiatan kritis

SPA_i = SPA peristiwa awal

SPA_j = SPA peristiwa akhir

SPL_i = SPL peristiwa awal

SPL_j = SPL peristiwa akhir

C. Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis, peristiwa-peristiwa kritis. Tujuan mengetahui lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan dan peristiwa-peristiwa yang tingkat kepekaannya paling tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan proyek, yaitu terhadap kegiatan-kegiatan kritis dan hamper kritis. Lintasan kritis selama jangka waktu pelaksanaan proyek kemungkinan besar berubah-ubah, hal ini disebabkan terjadinya keterlambatan pelaksanaan kegiatan yang besar melebihi batas toleransi. (<http://www.koleksiskripsi.com> / 2012 / 02 / 18 - manajemen - proyek penjadwalan. Html)

2.13 Waktu yang tersedia (Float)

Float disebut juga waktu tenggang, dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya. *Float* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Total float* dan *Free float*.

- Total Float* adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- Free Float* adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya. Perhitungan *Float* dapat dilakukan sebagai berikut:

2.14 Fungsi dan Aplikasi Serta kegunaan CPM Dalam Proyek Besar dan Kecil

Teknik penjadwalan yang paling banyak digunakan adalah metode jalur kritis (CPM) untuk penjadwalan, sering disebut sebagai *penjadwalan jalur kritis*.

Metode ini menghitung waktu penyelesaian minimum untuk sebuah proyek bersama dengan permulaan yang memungkinkan dan waktu selesai untuk kegiatan proyek. Memang, banyak teks dan manajer menganggap penjadwalan jalur kritis sebagai prosedur penjadwalan yang biasa digunakan, praktis dan efisien dapat menangani proyek dengan ribuan kegiatan.

Tugas dalam analisis CPM sering diidentifikasi dengan berbagai potensi awal dan waktu selesai, sebagai lawan hanya satu, untuk menunjukkan yang terbaik-dan scenario terburuk. Hal ini memungkinkan manajemen untuk mempertimbangkan satu set yang lebih lengkap dari kemungkinan, bukan hanya query apakah proyek aktif atau nonaktif jadwal. Ini juga membuka pintu untuk analisis lebih bernuansa, seperti menemukan waktu maksimum untuk tugas bermasalah jika semua tugas-tugas lain yang dilakukan pada waktu yang optimal.

Dalam kehidupan nyata, jadwal satu proyek seringkali berdampak jadwal lainnya, dan dengan demikian CPM dan analisis juga diterapkan pada lingkungan beberapa proyek. Dalam hal ini, langkah-langkah individu dalam proyek atau hasil seluruh proyek dapat dikaitkan dengan fase proyek lain, menyediakan manajer sarana melalui mana mereka dapat mengoptimalkan penjadwalan seluruh proyek untuk memaksimalkan efisiensi dan melayani fungsi strategis lainnya.

Ketika terintegrasi dengan pelacakan biaya, BPT kadang-kadang dikenal sebagai “penjadwalan biaya sedikit.” Dengan menghubungkan variasi waktu dengan biaya yang diantisipasi, model CPM dapat digunakan untuk menghitung jadwal proyek yang optimal untuk meminimalkan biaya. Hal ini dapat menunjukkan, misalnya, bahwa lebih murah untuk mengambil lebih lama di beberapa hal, tetapi tidak yang lain. Setidaknya, hal itu dapat menunjukkan apa konsekuensi keuangan akan jika proyek jatuh di belakang jadwal pada setiap tahap tertentu. CPM juga telah digunakan dalam hubungannya dengan control proses statistic, satu set metode matematika yang bertujuan untuk memantau dan meningkatkan efisiensi dan kualitas, untuk memaksimalkan manfaat dalam rangka menyelesaikan proyek.

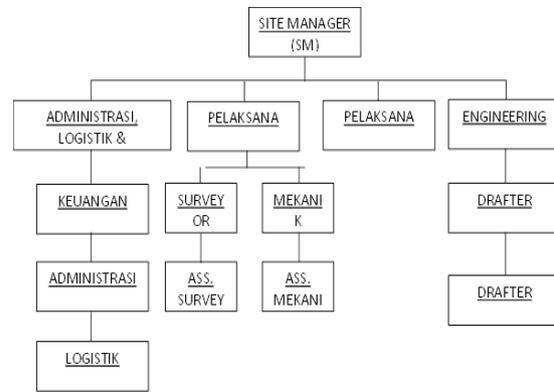
III. Hasil Pembahasan

3.1 Tinjauan Umum

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan pencarian data mengenai perusahaan, lokasi, maupun situasi tempat penelitian, tujuannya untuk mencari permasalahan apa yang sebenarnya yang perlu ditindak lanjuti dari data-data yang diperoleh. Data tersebut dapat dijadikan sebagai tolak ukur dilakukan penelitian. Dari data primer dan data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian pada PAJ Construction adalah sebagai

3.1.1 Data Proyek

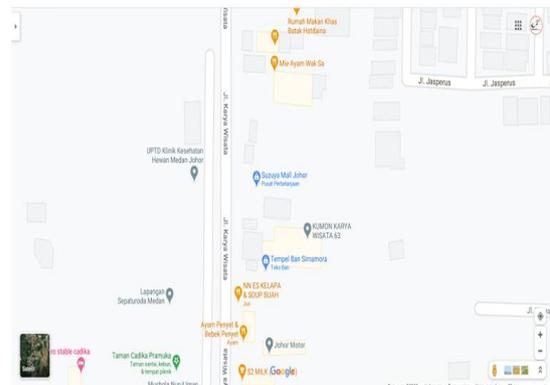
Nama Proyek : Pembangunan Gedung Mall Suzuya Medan Johor
 Lokasi Proyek : Jln. Karya wisata medan johor
 Pemberi Tugas : PT. Suriatama Mahkota Kencana
 Waktu Pelaksanaan : 201 (Dua Ratus Satu) Minggu
 Sistem Kontrak : Harga Satuan



Gambar 3. Struktur Organisasi Mall Suzuya Johor

3.1.2 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Gedung Mall Suzuya johor ini terletak di Jln. Karya wisata medan johor



Gambar 4. Lokasi Rencana Pembangunan Gedung Mall Suzuya Johor

3.2 Evaluasi Waktu Proyek

Setelah menentukan jalur kritis, selanjutnya akan dilakukan evaluasi waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode yang sama yaitu *Critical Path Method (CPM)*. Evaluasi ini dilakukan pada jalur kritis dalam rangka percepatan waktu penyelesaian proyek seperti tampak pada gambar dimana jalur kritis yang terbentuk setelah evaluasi penyelesaian proyek adalah 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 16, 19 dengan total waktu untuk menyelesaikan proyek dari 201 minggu menjadi 150 minggu karena aktivitas C dimulai setelah aktivitas A.

3.3 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini ditentukan lintasan kritis dalam penjadwalan proyek pembangunan gedung mall suzuya johor dengan metode CPM. Dalam penggunaan CPM terlebih dahulu dibuat network diagram yang sesuai dengan *schedule* yang direncanakan.

Berdasarkan data *time schedule*, rencana waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan yang diperoleh dari PAJ Construction dalam pembangunan mall suzuya johor telah disusun daftar rencana kegiatan yang disajikan dalam tabel. Selain itu juga telah disusun rumusan data Pembangunan Mall Suzuya Johor dalam bentuk network diagram.

Berdasarkan tabel diketahui bahwa pembangunan tersebut melibatkan berbagai macam kegiatan membangun yang disebut aktivitas. Aktivitas Pembangunan Mall Suzuya Johor sangat banyak, jika dijabarkan seluruhnya akan membuat model menjadi rumit. Untuk mempermudah dan mengefektifkan pengawasan suatu aktivitas, maka masing-masing aktivitas disusun daftar rencana kegiatan serta disusun gambar *network* nya. Model dibuat sesederhana mungkin tetapi harus dapat mewakili suatu permasalahan konkret. Semua kegiatan yang akan dilakukan perlu diketahui waktu masing-masing kegiatan tersebut dapat dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1]. AliTubagus Haedar, 1986, *Prinsip-Prinsip Network Planning*, Jakarta PT Gramedia.
- [2]. Budi Santoso, 2009, *Manajemen Proyek, Konsep & Implementasi*, Graha Ilmu.
- [3]. Dipohusodo Istimawan, 1996, *Manajemen Proyek & Konstruksi, Jilid 1*, Kanisius Yogyakarta : PT. Kanisius.
- [4]. Ervianto, Wolfram I, 2005, *Manajemen Proyek/Konstruksi*, Yogyakarta: CV. Andi offset
- [5]. <http://www.kolesiskripsi.com/2012/02/18-manajemen-proyek-penjadwalan.html>
- [6]. <http://www.library.upnvj.ac.id/pdf/2s1tekniksipil/0810315005/bab2.pdf>
- [7]. <http://manajemenproyekindonesia.com/?p=472>
- [8]. Reksopoetranto Soemardi, 1992, *Manajemen Proyek Pembangunan*, Fakultas Sipil Universitas Indonesia.
- [9]. Soeharto Imam, 1998, *Manajemen Proyek, Dari Konsptual Sampai Operasional*, Jilid 1, Jakarta : Erlangga
- [10]. Pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [11]. Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- [12]. Nawy,Edward.G.1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama
- [13]. Paul Nugraga dan Antoni, 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- [14]. PtT-37-2000-CTata Cara Penilaian danPenerimaan Beton Normal Selama Pelaksanaan Bangunan. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.