

TUGAS AKHIR

**“PERHITUNGAN STRUKTUR DAN ANALISIS KEMAJUAN
PEKERJAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG
SAKURA ONE HOTEL MANADO”**

**Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada
Program Studi Diploma IV Konstruksi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil**

Oleh :

**Kenneth Tiolemba
12 012 010**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidradulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002, Pasal 3.12).

Sifat utama dari beton yaitu sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi juga bersifat getas/mudah patah atau rusak terhadap beban tarik. Dalam perhitungan struktur, kuat tarik beton ini biasanya diabaikan.

Kelebihan beton yaitu:

- a. Kekuatannya tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur seperti beton mutu K-225, K-250, K-300 dan seterusnya. Berikut adalah tabel konversi mutu beton F_c dan beton K.

Tabel 2.1 Konversi Mutu Beton F_c ke Beton K

Mutu Beton MPa	$K = F_c / 0.083$ Kg/cm ²
F _c = 5	K. 60,24
F _c = 10	K. 120,48
F _c = 12	K. 144,58
F _c = 15	K. 180,72
F _c = 16	K. 192,77
F _c = 20	K. 240,96
F _c = 22,5	K. 271,08
F _c = 25	K. 301,20
F _c = 30	K. 421,69
F _c = 40	K. 481,93

Sumber: Mahdi W, 2012

Tabel 2.2 Konversi Mutu Beton K ke F_c

Mutu Beton Kg/cm ²	$F_c = K \times 0.083$ MPa
K. 100	F _c = 8,30
K. 125	F _c = 10,38
K. 150	F _c = 12,45
K. 175	F _c = 14,53

K. 200	$F_c = 16,60$
K. 225	$F_c = 18,68$
K. 250	$F_c = 20,75$
K. 275	$F_c = 22,83$
K. 300	$F_c = 24,90$
K. 325	$F_c = 26,98$
K. 350	$F_c = 29,05$

Sumber: Mahdi W, 2012

- b. Mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai kebutuhan struktur bangunan.
- c. Tahan terhadap temperature tinggi jadi aman jika terjadi kebakaran gedung, atau setidaknya masih memberikan kesempatan kepada penghuni pada saat bencana terjadi.
- d. Biaya pemeliharaan rendah karena setelah mengeras menjadi batu, asalkan besi tulangan berada pada posisi yang baik di dalam beton maka kemungkinan terjadi karat dapat dikurangi.
- e. Lebih murah jika dibandingkan dengan baja.
- f. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
- g. Mudah didapat bahan bakunya, karena Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam misalnya pasir beton dapat ditemukan di pegunungan maupun di dasar lautan.
- h. Mempunyai teksture yang terlihat alami sebagai batuan sehingga dapat difungsikan sebagai bahan dari seni arsitektur untuk memperindah bangunan.
- i. Umurnya tahan lama.

Kekurangan beton yaitu:

- a. Beton termasuk material yang mempunyai berat jenis 2400 kg/cm^2
- b. Kuat tarik kecil, hanya 9%-15% dari kuat tekan.
- c. Menuntut ketelitian tinggi dalam pelaksanaannya.

2.1.2 Pengertian beton bertulang.

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang di syaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. (SNI 03-2847-2002, Pasal 3.13)

Sifat utama dari baja tulangan yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Karena baja tulangan harganya mahal, maka sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan.

Dari sifat utama tersebut dapat dilihat bahwa tiap-tiap bahan mempunyai kelebihan dan kekurangan, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton. beton juga tahan terhadap kebakaran dan melindungi baja supaya awet.

Sifat Mekanisme Beton Bertulang. Sifat-sifat mekanis beton keras dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sifat jangka pendek seperti:

- a. Kuat tekan

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150mm, tinggi 300mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM (American Society for Testing Materials) C39-86. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10 – 65 MPa. untuk beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17 – 30 MPa.

- b. Kuat tarik

Kuat tarik beton yang tepat sulit untuk di ukur. Selama bertahun-tahun sifat tarik beton diukur dengan memakai modulus keruntuhan (*modulus of rupture*). Baru-baru ini, hasil dari percobaan *split silinder beton*, umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan mencerminkan kuat tarik sebenarnya.

- c. Kuat geser

Kekuatan geser lebih sulit diperoleh, karena sulitnya mengisolasi geser dari tegangan-tegangan lainnya. Ini merupakan salah satu sebab banyaknya variasi kekuatan geser yang dituliskan dalam berbagai literature, mulai dari 20% dari kekuatan tekan pada pembebanan normal, sampai sebesar 85% dari kekuatan tekan, dalam hal ini terjadi kombinasi geser dan tekan.

d. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas, merupakan kemiringan dari bagian awal grafik yang lurus dan diagram regangan-tegangan, yang akan bertambah besar dengan bertambahnya kekuatan beton.

2. Sifat jangka panjang seperti:

a. Rangkak

Rangkak (creep) adalah sifat dimana beton mengalami perubahan bentuk (deformasi) permanen akibat beban tetap yang bekerja padanya. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang untuk selang waktu tertentu dan akan berakhir setelah beberapa tahun berjalan. Besarnya deformasi rangkak sebanding dengan besarnya beban yang ditahan dan juga jangka waktu pembebanan. Pada umumnya rangkak tidak mengakibatkan dampak langsung terhadap kekuatan struktur, tetapi akan mengakibatkan timbulnya redistribusi tegangan pada beton kerja dan kemudian mengakibatkan terjadinya peningkatan lendutan (defleksi)

b. Susut

susut secara umum didefinisikan sebagai perubahan volume beton yang tidak berhubungan dengan beban. Pada dasarnya ada dua jenis susut yaitu susut plastis dan susut pengeringan. Susut plastis terjadi beberapa jam setelah beton segar dicor ke dalam cetakan (bekisting). Sedangkan susut pengeringan terjadi setelah beton mencapai akhirnya, dan proses hidrasi pasta semen telah selesai. Laju perubahannya berkurang terhadap waktu, karena beton semakin berumur akan semakin menahan tegangan dan semakin sedikit mengalami susut.

2.1.3 Kriteria Standar Perencanaan Beton

kriteria standar perencanaan beton diatur dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) yang memuat beberapa syarat-syarat yang harus dipenuhi dan diperhatikan sebelum merancang atau merencanakan sebuah bangunan.

Standar perencanaan beton bertulang diatur dalam SK-SNI 2002. Di dalam perencanaan struktur, harus memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Struktur harus kuat di dalam memikul beban yang bekerja.
2. Ekonomis.

3. Struktur memenuhi syarat kenyamanan (sesuai fungsinya/serviceability).
4. Mudah perawatannya (durabilitas tinggi).

2.2 Sistem Struktur

Sistem struktur suatu gedung adalah system yang dibentuk oleh komponen struktur gedung, berupa balok, kolom, pelat, dan dinding geser, yang disusun sedemikian rupa hingga masing-masing system struktur mempunyai peran yang berbeda untuk menahan beban-beban. System struktur yang direncanakan akan mempengaruhi perencanaan struktur gedung. Dalam hal ini berkaitan dengan beban gempa rencana yang akan bekerja struktur gedung tersebut.

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Ada 3 jenis SRPM menurut tabel 3 SNI-03-1276-2002, yaitu :

SRPMB = Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

SRPMM = Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

SRPMK = Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

SRPMB tidak perlu pendetailan khusus, semua komponennya harus memenuhi pasal 3 sampai 20 SNI-03-2857-2002 dan hanya dipakai untuk wilayah gempa 1 dan 2.

SRPMM harus memenuhi persyaratan pendetailan pada SNI-03-0247-2002 pasal 23.8 dan pasal sebelumnya yang masih relevan dan dipakai untuk SRPM yang berada pada wilayah gempa 3 dan 4.

SRPMK harus dipakai pada wilayah gempa 5 dan 6 dan harus memenuhi persyaratan pada pasal 23.2 sampai 23.7 SNI-03-2847 2002 pasal sebelumnya yang masih relevan.

2.3 Struktur Kolom

Kolom beton adalah komponen struktur bangunan yang bertugas menyangga beban aksial tekan vertical dengan bagian tinggi yang ditopang paling ridak tiga kali dimensi lateral terkecil (Dipohisodo, 1994). SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertical dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Kesimpulannya sebuah bangunan akan aman dari kerusakan bila besar dan jenis pondasinya sesuai perhitungan.

Kegagalan kolom akan berakibat langsung akan runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur suatu bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu dalam merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada untuk komponen struktur lainnya.

2.4 Struktur Balok

Balok adalah bagian dari structural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula.

Balok dibuat dari bahan yang sama dengan kolomnya sehingga balok dengan kolom bersifat kaku tidak mudah berubah bentuk. Pola gaya yang tidak seragam mengakibatkan melengkung atau defleksi yang harus ditahan oleh kekuatan internal material.

2.5 Analisis Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen merupakan salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa dengan menggunakan beban gempa nominal statik ekuivalen. Menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI – 1276 – 2002), analisis static ekuivalen cukup dapat dilakukan pada gedung yang memiliki struktur beraturan. Ketentuan-ketentuan mengenai struktur gedung beraturan disebutkan dalam pasal 4.2.1 dari SNI – 1276 – 2002.

Karena analisis statik ekuivalen dipandang merupakan langkah perencanaan gedung tahan gempa, maka penggunaan program ETABS v.9.6 diharapkan dapat

membantu melakukan analisis statik ekivalen, terutama dalam mendapatkan nilai angka massa dan waktu getar alami dari model struktur yang ditinjau.

2.6 Beban Gempa Nominal Statik Ekivalen yang ditetapkan SNI – 1276 – 2002

Beban geser dasar nominal statik ekvalen V (*base shear*) yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan:

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$$

C_1 = Nilai faktor respons gempa

C_1 di dapat dari spectrum respons gempa rencana yang harus diketahui terlebih dahulu waktu getar alami fundamental T_1 .

I = Faktor keutamaan (lihat tabel peraturan) semakin penting nilai bangunan semakin tinggi nilai I -nya.

R = Faktor reduksi Gempa. (lihat tabel peraturan)

W_t = Berat total gedung (dihitung dengan ETABS v.9.6)

Beban Geser dasar nominal V tersebut harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal static ekivalen F_i pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan:

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i} \times V$$

W_i = Berat lantai tingkat ke- i termasuk beban hidup yang sesuai,

Z_i = Ketinggian lantai tingkat ke- i ,

N = Nomor lantai tingkat paling atas.

2.7 Program ETABS Versi 9.6

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Berkeley,

Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya.

Program ETABS sendiri telah teruji aplikasinya di lapangan. Di Indonesia sendiri, konsultan-konsultan perencana struktur ternama telah menggunakan program ini untuk analisis struktur dan banyak gedung yang telah dibangun dari hasil perencanaan tersebut.

Dan untuk menyesuaikan program ETABS dengan kondisi di negara lain termasuk Indonesia, maka dalam perencanaan ataupun analisa dengan program ETABS haruslah berpedoman pada peraturan. Salah satunya SNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Juga peraturan lain yang mengatur tentang bangunan konstruksi beton maupun baja.

2.8 Pengertian Manajemen

Pengertian Manajemen, menurut Sidharta Kamarwan, dapat dilihat dari beberapa sudut pandang, di antaranya sebagai berikut:

- a. Manajemen sebagai suatu ilmu pengetahuan (*Management as a science*), adalah bersifat interdisipliner yang dalam hal ini mempergunakan bantuan dari ilmu-ilmu sosial, filsafat, dan matematika.
- b. Manajemen sebagai suatu system (*Management as a system*) adalah suatu rangkaian kegiatan yang masing-masing kegiatan dapat dilaksanakan tanpa menunggu selesainya kegiatan lain, walaupun kegiatan-kegiatan tersebut saling terkait untuk mencapai tujuan organisasi.
- c. Manajemen sebagai suatu proses (*management as process*) adalah serangkaian tahap kegiatan yang diarahkan pada pencapaian suatu tujuan dengan pemanfaatan semaksimal mungkin sumber-sumber yang tersedia.

- d. Manajemen sebagai kumpulan orang (*Management as people/group of people*) adalah suatu istilah yang dipakai dalam arti kolektif untuk menunjukkan jabatan kepemimpinan di dalam organisasi antara lain kelompok pemimpin atas, kelompok pimpinan tengah, dan kelompok pimpinan bawah. (Kamarwan, 1998)

Dapat disimpulkan bahwa manajemen adalah kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Untuk itu, tujuan perlu ditetapkan terlebih dahulu, sebelum melibatkan sekelompok orang yang mempunyai kemampuan atau keahlian dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Dengan kata lain, manajemen berfungsi untuk melaksanakan semua kegiatan yang diperlukan dalam pencapaian tujuan dengan batas-batas tertentu.

2.9 Fungsi Manajemen

Seperti telah diuraikan sebelumnya, definisi manajemen adalah suatu metode atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara efektif dan efisien dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia, yang dituangkan dalam fungsi-fungsi manajemen.

Fungsi-fungsi manajemen dikemukakan oleh beberapa ahli ilmu manajemen yang ada pada dasarnya memiliki kesamaan, yaitu sebagai berikut:

1. Louis Allen: *Planning, Organizing, Leading, Controlling* (POLC)
2. Harold Kroontz: *Planning, Organizing, Staffing, Directing, Leading, Controlling* (POSDLC)
3. Luher Gulick: *Planning, Organizing, Staffing, Directing, Coordinating, Reporting, Budgeting* (POSDiCorB)
4. George R. Terry: *Planning, Organizing, Actuating, Controlling* (POAC)

Perlu diingat fungsi-fungsi manajemen di dalam unsur manajemen merupakan perangkat lunak (prosedur operasi) manajer merupakan perangkat SDM (*Brainware*) serta organisasi berikut perangkat pendukungnya merupakan perangkat kerasnya. Lebih lanjut akan diuraikan fungsi-fungsi manajemen menurut George R. Terry.

- a. Perencanaan, yaitu tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data/informasi, asumsi maupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang.
- b. Pengorganisasian, yaitu tindakan guna mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling berhubungan satu sama lain dengan tata cara tertentu.
- c. Pelaksanaan, menggerakkan orang yang tergabung dalam organisasi agar melakukan kegiatan yang telah ditetapkan di dalam planning.
- d. Pengendalian, yaitu usaha yang tersistematis dari perusahaan untuk mencapai tujuannya dengan cara membandingkan prestasi kerja dengan rencana yang membuat tindakan yang tepat untuk mengoreksi perbedaan yang penting.

2.10 Penjadwalan Metode Jaringan Kerja

Jaringan kerja adalah suatu alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek. Jaringan dikembangkan dari informasi yang diperoleh dari WBS (*Work Breakdown Structure*) dan gambar diagram alir dari rencana kerja proyek.

Jaringan mudah dimengerti oleh setiap individu karena jaringan berisi tampilan grafis dari aliran dan urutan tiap pekerjaan. Pengembangan jaringan dapat dengan mudah dilakukan. Sebagai contoh, jika material suatu kegiatan tertunda, dampak kejadian tersebut dapat dengan cepat ditaksir dan peninjauan kembali terhadap proyek secara utuh hanya membutuhkan beberapa menit dengan menggunakan komputer. Revisi ini dapat dikomunikasikan kepada seluruh partisipan proyek dengan cepat.

Melaksanakan suatu proyek adalah proses mengubah masukan (*input*) yang berupa kegiatan dan sumber daya menjadi keluaran (*output*) seperti yang sudah ditentukan. Banyak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan, pembiayaan yang melampaui batas anggaran, dan masalah lainnya yang timbul dalam pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, tim proyek dapat dijadwalkan, dianggarkan, dimonitor, dan dikendalikan dengan baik.

Metode jaringan kerja, menurut Istimawan Dipohusudo, merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian proyek, dan

berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusudo, 1996). Jaringan kerja ini nantinya akan sangat membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis serta akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Diagram yang terbentuk dari metode jaringan kerja hubungan preseden antar kegiatannya. Diagram ini membantu pengguna dalam mengerti alur kerja suatu proyek sehingga sangat berguna dalam perencanaan dan pengendalian pada penjadwalan. Metode ini juga membantu koordinasi pekerjaan penyediaan material, kontraktor, subkontraktor, pemberi tugas, dan perencana menjadi lebih mudah.

Ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja (Callahan, 1992), yaitu:

1. Menentukan aktivitas/kegiatan;
2. Menentukan durasi aktivitas/kegiatan;
3. Mendeskripsikan aktivitas/kegiatan;
4. Menentukan hubungan yang logis.

Keempat hal tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut dalam uraian berikut ini.

2.10.1 Menentukan Aktivitas/Kegiatan

Langkah pertama dalam membuat penjadwalan waktu adalah memecah seluruh lingkup pekerjaan proyek menjadi kegiatan-kegiatan yang lebih kecil. Tujuannya adalah agar setiap pekerjaan dapat terkontrol dengan baik oleh manajer proyek sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.

Besarnya setiap aktivitas berbeda-beda bergantung pada jenis pekerjaan yang terlibat dan pentingnya aktivitas tersebut bagi penyelesaian proyek. Yang harus diperhatikan, yaitu tidak ada aktivitas yang terlalu kecil sehingga terlihat tidak penting, atau terlalu besar sehingga sulit dikontrol.

Misalnya, kegiatan pekerjaan janganlah dibuat terlalu kecil, seperti aktivitas mengambil, memutar, dan memindahkan, tetapi juga tidak terlalu besar seperti pekerjaan listrik, dan pekerjaan penyelesaian interior yang menyebabkan pekerjaan-pekerjaan sulit dikontrol. Aktivitas-aktivitas yang terlalu besar sebaiknya dipecah lagi menjadi aktivitas-aktivitas yang lebih kecil.

Besarnya setiap aktivitas juga ditentukan oleh bagaimana pembuat jadwal akan menggunakan jadwal tersebut. Misalnya, pengawasan harian pekerjaan lapangan akan membutuhkan aktivitas yang durasinya tidak lebih dari beberapa hari saja. Perkiraan waktu penyelesaian kegiatan atau menghitung proses pekerjaan mengindikasikan kegiatan-kegiatan dengan durasi yang lebih besar.

Besarnya aktivitas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, yaitu waktu atau saat aktivitas tersebut berjalan, hubungan aktivitas tersebut dengan aktivitas lain, dan kapan aktivitas tersebut akan dilakukan. Selain itu, desain suatu proyek juga dapat mempengaruhi pemilihan aktivitas. Sebagai contoh: instalasi kolom dan balok baja sebaiknya dipisahkan penjadwalannya dari rangkanya.

Tak ada dua penjadwalan dari proyek yang sama akan persis sama. Hal ini terjadi karena dua pembuat jadwal tidak akan sama dalam memecahkan atau membagi-bagi aktivitas proyek. Para pembuat jadwal proyek mampu memecah-mecah aktivitas yang terlibat dalam proyek berdasarkan latar belakang mereka, pengalaman, dan pengetahuan bagaimana jadwal tersebut nantinya akan digunakan.

2.10.2 Menentukan Durasi Aktivitas/Kegiatan

Setiap aktivitas dikenai durasi. Durasi adalah jumlah waktu yang diperkirakan untuk menyelesaikan satu aktivitas. Durasi ini dapat ditampilkan dengan menggunakan satuan waktu: menit, jam, hari kerja, hari kalender, minggu, atau bulan. Penjadwalan pada dunia konstruksi biasanya menggunakan satuan hari kerja atau hari kalender. Durasi aktivitas pada proyek konstruksi bergantung pada hal-hal berikut ini:

1. Jumlah pekerjaan
2. Jenis pekerjaan
3. Jenis dan jumlah sumber daya yang tersedia untuk dipergunakan.
4. Apakah pekerjaan akan diselesaikan dalam satu *shift* atau banyak *shift* atau lembur.
5. Lingkungan yang mempengaruhi pekerjaan.
6. Metode konstruksi.
7. Batas waktu proyek.
8. Siklus pekerjaan konstruksi.
9. Cuaca dan dampak lapangan pada produksi.
10. Kegiatan yang dapat dilakukan bersamaan.

11. Kualitas pengawasan.
12. Pelatihan dan motivasi tenaga kerja.
13. Tingkat kesulitan pekerjaan (Callahan, 1992)

Durasi aktivitas merupakan perkiraan. Tidak terlalu penting apakah durasinya tepat, yang lebih dipentingkan adalah bahwa durasi yang dibuat untuk setiap aktivitas masuk akal.

2.10.3 Mendeskripsikan Aktivitas/Kegiatan

Selain durasi, kegiatan-kegiatan pada penjadwalan konstruksi biasanya disertai dengan sebuah deskripsi yang akan membantu dalam pembacaan jadwal. Kebanyakan dari deskripsi ini dibuat dengan menggunakan singkatan karena ruang dalam menuliskan deskripsi tersebut sangat terbatas. Penyingkatan ini juga membantu mempercepat pemasukan data-data dalam pembuatan penjadwalan, baik dengan menggunakan computer maupun ditulis tangan.

2.10.4 Menentukan hubungan yang logis

Setelah menentukan kegiatan dan durasi, langkah berikutnya dalam membuat penjadwalan jaringan kerja adalah mengatur kegiatan-kegiatan tersebut sehingga setiap aktivitas dapat disajikan secara logis. Bagaimana setiap aktivitas dihubungkan satu dengan lainnya disebut hubungan logis.

Setiap aktivitas terhubung dengan aktivitas lain dalam satu penjadwalan. Ada tiga kemungkinan hubungan logis yang dapat terjadi di antara kegiatan-kegiatan tersebut. Kenapa kemungkinan tersebut adalah sebagai berikut adalah sebagai berikut.

- Hubungan sebelumnya (*predecessor*)

Hubungan sebelumnya terjadi ketika aktivitas harus selesai terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai. Contoh adalah pekerjaan fondasi biasanya mendahului pekerjaan rangka atap. Jadi, pekerjaan fondasi memiliki hubungan sebelumnya (*predecessor*) dari pekerjaan atap.

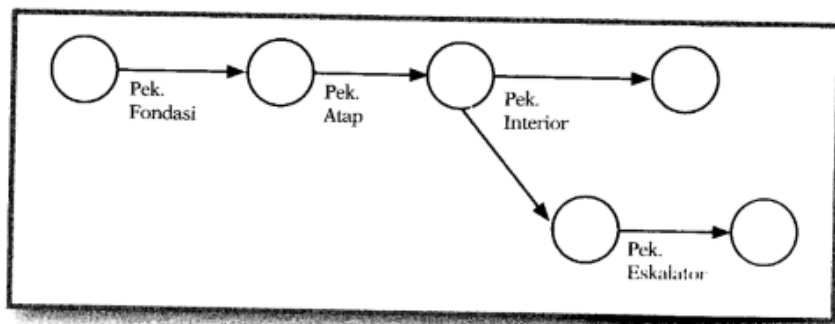
- Hubungan setelahnya (*successor*)

Hubungan setelahnya terjadi setelah selesainya suatu aktivitas. Contohnya, pekerjaan interior dapat dimulai setelah pekerjaan atap selesai. Jadi, pekerjaan interior memiliki hubungan setelahnya (*successor*) dari pekerjaan atap.

- Hubungan tak tergantung (*independent*)

Hubungan tak tergantung, yaitu hubungan kegiatan yang tidak didahului atau mendahului kegiatan lainnya. Mulai dan selesainya kegiatan atau aktivitas independent ini tidak tergantung dengan memulai atau selesainya kegiatan atau aktivitas lain.

Ketiga hubungan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Contoh Hubungan Logis dalam Penjadwalan Jaringan Kerja

Meskipun banyak terdapat jenis-jenis dalam metode jaringan kerja, proyek konstruksi biasanya hanya menggunakan dua metode, yaitu:

1. *Activity on Arrow*;
2. *Activity on Node*, biasanya disebut Precedence Diagramming Method.

Pada penulisan tugas akhir ini akan dibahas mengenai metode ***Activity on Arrow***. Karena pada pembahasan di bab berikutnya menggunakan metode ***Activity on Arrow***.

2.10.5 Metode *Activity on Arrow* (AOA)

Disebut juga *Arrow Diagramming Method* (AOA) dan biasanya digunakan untuk proyek yang memiliki banyak ketergantungan antara kegiatannya.

Metode AOAA ini dibentuk dari anak-anak panah dan lingkaran. Anak panah mewakili kegiatan-kegiatan proyek, sedangkan lingkaran atau node mewakili *event* atau kejadian. Node pada bagian awal anak panah (ekor) disebut **node "I"**, sedangkan node pada bagian kepala anak panah disebut **node "j"**.

Karena metode ini menghubungkan node-node dari setiap kegiatan bersama-sama, maka node J dari kegiatan sebelumnya juga menjadi node I pada kegiatan

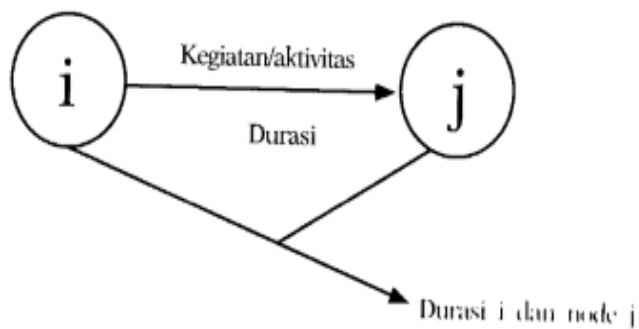
berikutnya. Terkadang metode ini juga disebut diagram I-J, karena penggunaan I atau J pada node-nodenya.

Terminology yang digunakan dalam metode AOA dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Aktivitas: sebuah kegiatan yang merupakan bagian dari proyek.
2. Event: titik signigikan selama waktu proyek. Sebuah event bisa saja merupakan waktu yang mana suatu aktivitas diselesaikan atau waktu yang mana aktivitas-aktivitas seluruhnya selesai.
3. Aktivitas dummy: adalah aktivitas buatan dengan nol durasi yang hanya menggambarkan hubungan preseden di antara kegiatan-kegiatan.

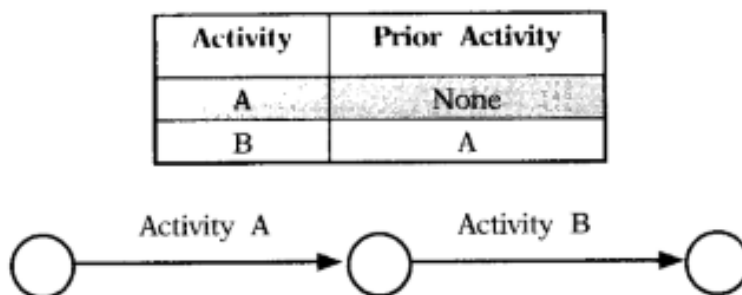
Dua elemen penting pada AOA adalah anak panah dan node. Satu anak panah dibuat untuk setiap kegiatan yang akan dikerjakan. Ekor anak panah merupakan awal dari kegiatan yang akan dikerjakan. Ekor anak panah merupakan awal dari kegiatan, sementara kepala anak panah merupakan akhir dari kegiatan. Jika ada permintaan, panjangnya anak panah biasanya dibuat sesuai dengan skala durasi waktu yang proporsional. Setiap aktivitas (anak panah) mengandung deskripsi yang jelas. Deskripsi dari aktivitas ini biasanya dituliskan pada diagram tersebut, di bawah atau di atas anak panah. Sebagai tambahan, setiap aktivitas juga didampingi durasinya. Pada buku ini, kebanyakan deskripsi aktivitas diletakkan di atas anak panah dan durasi diletakkan di bawah anak panah.

Node digunakan untuk menggambarkan kapan aktivitas didahului atau diikuti oleh aktivitas sebelumnya. Node-node ini diletakkan di awal dan akhir setiap anak panah. Karena proyek didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang ada awal dan akhir, maka node-I dibutuhkan sebagai awal, dan node-j dibutujkan sebagai akhir dalam setiap proyek. Keseluruhan aktivitas-aktivitas tersebut, dimulai dari aktivitas pertama dengan node-I dan diakhiri dengan node-j disebut “jaringan kerja”

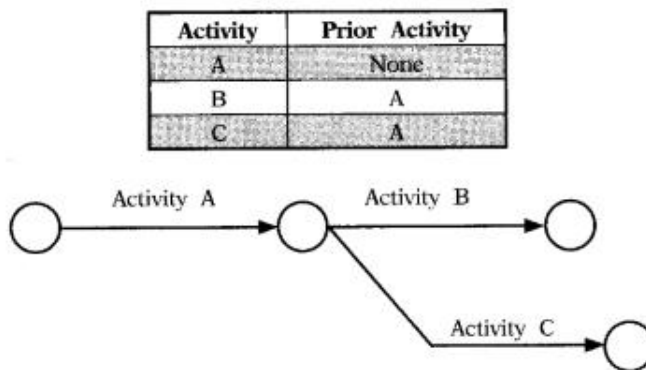


Gambar 2.2 Node I-J

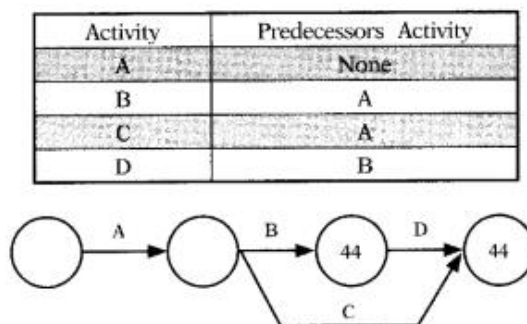
Berikut adalah contoh jaringan kerja AOA sederhana:



Gambar 2.3 Jaringan Kerja AOA Contoh 1



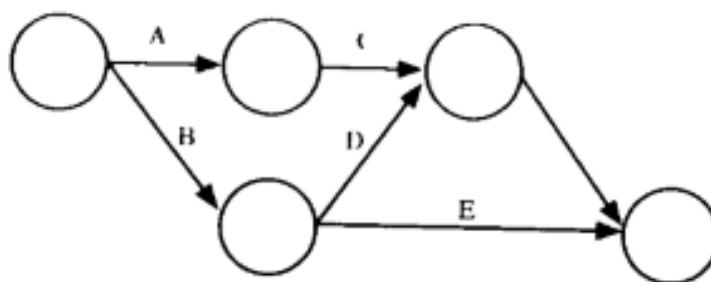
Gambar 2.4 Jaringan Kerja AOA Contoh 2



Gambar 2.5 Jaringan Kerja AOA Contoh 3

Activity	Pred. Act
A	None
B	None
C	A
D	B
E	B
F	C, D

Gambar 2.6 Jaringan Kerja AOA Contoh 4



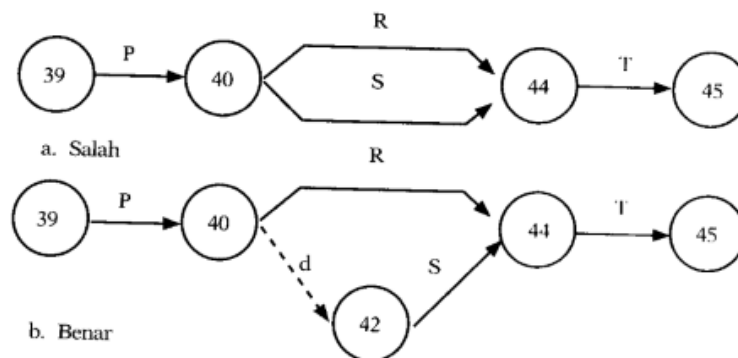
Gambar 2.7 Jaringan Kerja AOA Contoh 5

2.10.6 Aktivitas “*Dummy*”

Aktivitas *Dummy* adalah penggunaan aktivitas ketika ada kasus-kasus yang menunjukkan kesulitan yang terjadi jika menggunakan hanya satu anak panah untuk beberapa kegiatan. *Dummy* membantu menjelaskan hubungan logis antar kegiatan dan memastikan bahwa setiap aktivitas memiliki nomor nodenya (Callahan, 1992).

Aktivitas *Dummy* tidak memiliki durasi atau ketergantungan dengan kegiatan lain, dan selalu ditampilkan dengan menggunakan anak panah dengan garis putus-putus. Salah satu cara untuk mengetahui apakah aktivitas *dummy* dibutuhkan adalah dengan melihat daftar aktivitas dan menemukan aktivitas-aktivitas yang berbagi, tetapi tidak seluruhnya, dari kegiatan atau aktivitas sebelumnya.

Gambar 2.8 menjelaskan penggunaan aktivitas *dummy*. Dari gambar bagian a menunjukkan bahwa aktivitas R memiliki nomor node sama dengan aktivitas S, baik pada node I maupun node J. Hal inilah yang mengharuskan penggunaan aktivitas *dummy* sehingga aktivitas R dan S memiliki nomor node I yang berbeda satu sama lain seperti terlihat pada gambar b. pada gambar b sudah digunakan aktivitas *dummy* sehingga kegiatan R dan S sudah memiliki nomor node berbeda.



Gambar 2.8 Penggunaan Aktivitas *Dummy*

2.10.7 Metode Jalur Kritis

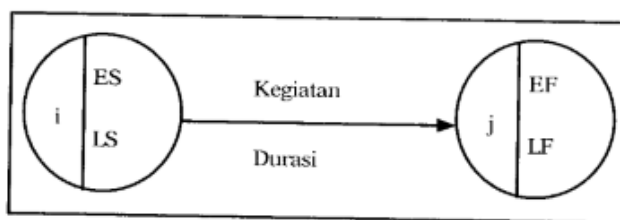
Pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1995).

Jalur kritis penting artinya bagi para pelaksana proyek karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang pelaksanaannya harus tepat waktu, selesai juga tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka akan menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Sebelum membuat jalur kritis dalam metode penjadwalan jaringan kerja AOA, haruslah diketahui terlebih dahulu cara perhitungan durasi proyek yang terbagi dalam hitungan maju dan mundur. Ada beberapa istilah yang terlibat sehubungan dengan perhitungan maju dan mundur metode AOA sebagai berikut.

- **Early Start (ES):** waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
- **Late Start (LS):** waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek.
- **Early Finish (EF):** waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan sesuai dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- **Late Finish (LF):** waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut adalah gambar potongan jaringan kerja AOA dengan penempatan ES, LS, EF, dan LF.



Gambar 2.9 ES, LS, EF, LF

Seperti telah disebutkan di atas, untuk mendapat angka-angka ES, LS, EF, dan LF, maka dikenal dua perhitungan dalam jaringan kerja AOA, yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur. Penjelasan keduanya adalah sebagai berikut.

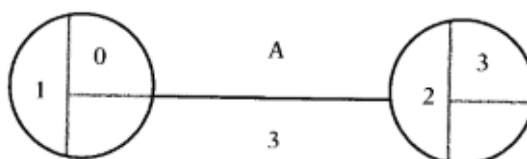
1. Perhitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju dengan aturan-aturan yang berlaku sebagai berikut.

- Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai.
- Waktu paling awal suatu kegiatan adalah = 0
- Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan

$$EF = ES + D \text{ atau}$$

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j)$$



Gambar 2.10 Perhitungan Waktu Selesai Paling Awal

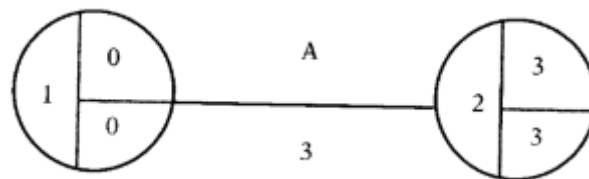
- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka ES-nya adalah EF terbesar dari kegiatan-kegiatan tersebut.

2. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita “masih” dapat memulai dan mengakhiri kegiatan tanpa menunda kurun

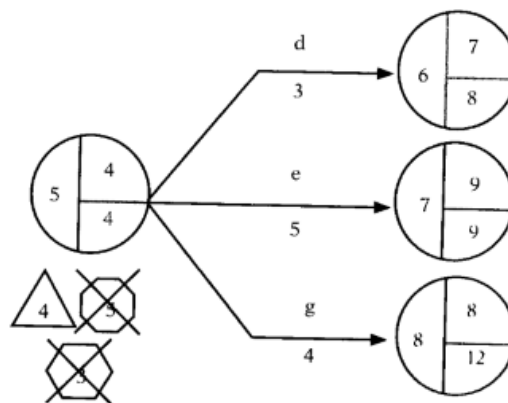
waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Aturan yang berlaku dalam perhitungan mundur adalah sebagai berikut.

- Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan, yaitu dari hari terakhir penyelesaian proyek suatu jaringan kerja.
- Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu/durasi kegiatan yang bersangkutan, atau $LS = LF - D$



Gambar 2.11 Perhitungan Waktu Mulai Paling Akhir

- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.



Gambar 2.12 Penentuan Waktu Mulai Paling Akhir

- Pada kegiatan terakhir: $LF - EF$
- Total Float: $TF = 0$

Penyajian jalur kritis ditandai dengan garis tebal, atau garis dengan warna berbeda, atau garis ganda. Bila jaringan kerja hanya mempunyai satu titik awal dan satu titik akhir, maka jalur kritis juga berarti jalur yang memiliki jumlah penyelesaian terbesar (terlama), dan jumlah waktu tersebut merupakan waktu proyek yang tercepat. Kadang-kadang dijumpai lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan kerja.

2.10.8 *Total Float* dan *Free Float*

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, dikenal suatu istilah yang disebut *Float*, yaitu suatu perhitungan yang menunjukkan fleksibilitas suatu kegiatan untuk dapat mulai selesai lebih dari lambat walaupun tetap dalam waktu yang diizinkan tanpa mengubah durasi atau kurun waktu proyek (Callahan, 1992).

Float terdiri dari *Total Float* (TF) dan *Free Float* (FF). berikut adalah penjelasan keduanya.

1. *Total Float* (TF)

Total Float atau *Float* total adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawall mungkin, sedangkan semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin (Soeharto, 1995).

Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Hal ini berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya. Maka *float* total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut adalah sama dengan *float* total semula, dikurangi bagian yang telah terpakai.

Rumus dalam menghitung *Total Float* adalah sebagai berikut.

- a. *Total Float* suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi waktu selesai paling awal, atau waktu mulai paling akhir, dikurangi waktu mulai awal kegiatan.
- b. Rumus : $TF = LF - EF = LS - ES$

Salah satu syarat yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan kritis atau berada di jalur kritis adalah jika kegiatan tersebut memiliki $TF = 0$.

2. *Free Float* (FF)

Di samping total float, dikenal juga *free Float* (FF) atau *Float* Bebas. FF terjadi bila semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mulai seawal mungkin. Besarnya FF suatu kegiatan sama dengan sejumlah waktu di mana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya (Soeharto, 1995). Dengan kata lain, float bebas dimiliki oleh satu kegiatan tertentu, sedangkan float total dimiliki oleh kegiatan-kegiatan yang berada di jalur yang bersangkutan.

Perhitungan Float bebas dapat dilakukan sebagai berikut.

- a. Float bebas suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatan yang dimaksud.
- b. Jadi bila rangkaian terdiri dari kegiatan A(1-2) dan B(2-3) dengan node 1, 2, 3, maka kegiatan A mempunyai float bebas
- c. Rumus : $FF(1-2) = ES(2-3) - EF(1-2)$

2.11 Bagan Balok (*Barchart*)

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau diagram batang atau Bagan Balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertical, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Calahhan, 1992).

Barchart ini dibuat pertama kali oleh Henry L. Gant pada masa perang dunia I, sehingga sering juga disebut sebagai *Granttchart*. *Barchart* aatau *Granttchart* digunakan secara luas sebagai teknik penjadwalan dalam konstruksi. Hal ini karena *Barchart* memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti.
3. Bila digabungkan dengan metode lain seperti kurva S, dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendalian biaya.

Meskipun memiliki segi-segi keuntungan tersebut, penggunaan metode bagan balok terbatas karena kendala-kendala berikut (Callahan, 1992).

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dan kegiatan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.

2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaruan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaruan segera menjadi “kuno” dan menurun daya gunanya.
3. Untuk proyek berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan. Aturan umum penggunaan penjadwalan dengan barchart menyatakan bahwa metode ini hanya digunakan untuk proyek kurang dari 100 kegiatan, karena jika lebih dari 100, maka akan menjadi sulit untuk dibaca dan digunakan.

2.11.1 Cara Membuat Barchart

Penggunaan *Barchart* bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Penggambaran *Barchart* terdiri dari kolom dan baris. Pada kolom tersusun urutan kegiatan yang disusun secara berurutan, sedangkan baris menunjukkan periode waktu yang dapat berupa hari, minggu, ataupun bulan. Perincian yang terdapat pada *barchart* adalah sebagai berikut.

1. Pada sumbu horizontal X tertulis satuan waktu, misalnya hari, minggu, bulan, tahun. Waktu mulai dan akhir suatu kegiatan tergambar dengan ujung kiri dan kanan balok dari kegiatan bersangkutan.
2. Pada sumbu vertical Y dicantumkan kegiatan atau aktivitas proyek dan digambarkan sebagai balok.
3. Perlu diperhatikan urutan antara kegiatan satu dengan lainnya, meskipun belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain.
4. Format penyajian *barchart* yang lengkap berisi perkiraan urutan pekerjaan, skala waktu, dan analisis kemajuan pekerjaan pada saat pelaporan.
5. Jika *barchart* atau bagan balok dibuat berdasarkan jaringan kerja *Activity on Arrow*, Maka yang pertama kali digambarkan atau dibuat baloknya adalah kegiatan kritis kemudian dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan nonkritis.

Penentuan unsur-unsur pada suatu *Barchart* pada kebutuhan proyek. Pada *Barchart* yang paling sederhana, format yang harus diikuti terdiri dari hal-hal berikut ini.

1. Bagian kepala yang berisi judul atau nama proyek, lokasi proyek, pemilik proyek, nomor proyek, nilai kontrak, nomor kontrak, tanggal pembaharuan, dan data-data lain yang dianggap penting.
2. Bagian batang atau balok yang menunjukkan waktu kegiatan selama kegiatan berjalan dengan keterangan-keterangan sebagai berikut.
 - a. Durasi kegiatan rencana atau perkiraan kurun waktu yang digunakan. Kenyataan waktu yang digunakan yang terungkap pada waktu pelaporan biasanya digambarkan dengan garis tebal, sejajar dengan waktu perencanaan. Di sini akan terlihat berapa besar perbedaan antara perencanaan dan kenyataan.
 - b. Sumber daya, penjelasan mengenai jumlah sumber daya untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan berupa jam-orang atau jumlah orang dan lain-lain.
 - c. Node I dan J. bila bagan balok dihasilkan dari analisis jaringan kerja, misalnya diagram AOA, maka akan meningkatkan dan memudahkan penggunaannya bila dicantumkan pula penjelasan mengenai nomor node-I dan node-J pada masing-masing kegiatan.
 - d. Garis laporan. Laporan terakhir ditandai dengan garis putus-putus vertical. Dengan demikian, akan terlihat seberapa jauh kemajuan atau keterlambatan masing-masing kegiatan. (Callahan, 1992).

Sudah menjadi aturan umum bahwa sebuah bagan balok atau *Barchart* tidak boleh memiliki lebih dari 100 kegiatan karena jika hal itu terjadi, maka akan terjadi kesulitan dalam mengerti penjadwalan proyek tersebut. Pemilihan aktivitas-aktivitas dan tujuan penggunaan *Barchart* tersebut menentukan jumlah aktivitas pada *Barchart*.

Sebuah *Barchart* juga dapat disertai dengan data tambahan sehingga menambah manfaat dari *Barchart* tersebut bagi para pembaca tertentu. Namun, hal ini juga menyebabkan peningkatan kebutuhan kertas dimana *Barchart* tersebut dibuat sehingga menyulitkan untuk pengadaan atau penggantian. Penambahan terlalu banyak data juga dapat membuat bagan menjadi lebih sulit dimengerti.

Seorang pembuat jadwal harus memperhatikan ukuran besarnya *Barchart* dengan menggabung-gabungkan lembaran kertas dapat dibuat *Barchart* dalam berbagai ukuran sehingga dapat diantisipasi penambahan data karena informasi dari

jadwal apa pun harus dikomunikasikan pada orang yang terlibat pada proyek konstruksi termasuk bagian distribusi, pelaksana, dan reproduksi. Yang harus diperhatikan adalah ukuran *Barchart* yang tidak akan mempersulit pembacaan jadwal sehingga mengganggu komunikasi antarbagian pada pelaksanaan proyek.

2.12 Kebutuhan Tenaga Kerja

Kebutuhan dapat digunakan untuk menentukan jadwal kebutuhantenaga kerja pada proyek konstruksi. Yang dimaksud dengan tenaga kerja di sini adalah besarnya jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan (Ibrahim, 2007).

Contoh yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pekerjaan 1m³ galian tanah adalah:

0,75 pekerja

0,025 Mandor

Indeks tenaga kerja di atas mempunyai pengertian bahwa 0,75 pekerja bekerja bersama-sama dengan 0,025 mandor akan menghasilkan 1m³ galian tanah dalam satu hari. Seandainya volume tanah yang akan digali adalah 130 m³, maka tenaga yang diperlukan adalah sebagai berikut.

Pekerja = $130 \times 0,75 = 97,50$

Mandor = $130 \times 0,025 = 3,25$

Dengan tenaga kerja 97,50 pekerja dan 3,25 mandor akan menghasilkan galian tanah 130 m³ dalam jangka 1 hari.

Untuk kegiatan satu proyek maka harus dicari masing-masing jumlah tenaga kerja pada setiap kegiatan dan dibuat rekapitulasinya.

Selanjutnya data pada tabel kebutuhan tenaga kerja dipindahkan ke *Barchart* untuk mendapatkan jumlah tenaga kerja pada setiap periode waktunya. Misalkan jumlah pada pekerjaan penggalian adalah 97,50 orang untuk 1 m³. jika dimasukkan pada *Barchart* untuk pekerjaan tersebut dapat dicari bobotnya per periode dengan cara membagi jumlah di atas dengan durasi proyek.

2.13 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Metode pelaksanaan pekerjaan struktur beton (pondasi setempat, sloof beton, kolom beton, balok beton, plat lantai dan tangga beton) adalah sebagai berikut:

1. Persiapan
 - a. Pembuatan dan pengajuan gambar shop drawing pekerjaan struktur beton tiap bagian.
 - b. Persiapkan material yang akan digunakan.
 - c. Persiapan lahan kerja.
 - d. Persiapkan alat bantu kerja.
2. Pengukuran
 - a. Juru ukur melakukan pengukuran untuk menentukan titik penempatan pondasi dan lain-lain.
 - b. Pekerjaan pengukuran dikerjakan secara berurutan mengikuti alur pekerjaan struktur beton yang akan dikerjakan.
3. Penulangan
 - a. Pelaksanaan besi tulangan memerlukan tempat yang cukup luas untuk meletakkan, memotong, membengkokkan besi sehingga sesuai dengan gambar yang telah disetujui.
 - b. Besi beton yang dipakai untuk proyek harus sesuai dengan spesifikasi dan disesuaikan dengan gambar kerja.
 - c. Rangkai besi beton dengan menggunakan kawat beton.
 - d. Besi beton yang telah di fabrikasi diberi tanda sesuai dengan penempatannya, supaya tidak membingungkan dan membuang waktu saat akan dipasang.
 - e. Untuk kolom, pembesian tulangan dikerjakan terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan pemasangan bekisting.
 - f. Untuk balok, plat lantai dan tangga bekisting dikerjakan terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan penulangan.
4. Bekisting
 - a. Pembuatan bekisting dikerjakan di lokasi proyek untuk memudahkan pengukuran dan mempercepat pelaksanaannya, karena angkutan bekisting menjadi dekat.
 - b. Untuk struktur beton yang posisinya ada dibawah permukaan tanah, maka bekisting dapat menggunakan multipleks atau pasangan batako.

- c. Pembuatan bekisting untuk struktur beton di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat dan tangga menggunakan bahan dari multipleks dan perkuatan menggunakan balok/kaso dan alat perancah scaffolding.
 - d. Untuk kolom sebaiknya dibuatkan sepatu kolom dengan besi beton atau besi plat siku untuk menjaga agar kolom tetap tegak lurus dan siku.
 - e. Pasang beton decking dan cakar ayam secara merata dan sesuai kebutuhan.
 - f. Cek elevasi dan kerataan pemasangan bekisting.
5. Pengecoran
- a. Pengecoran beton dimulai setelah konsultan/direksi menyetujui untuk pengecoran beton.
 - b. Periksa kekuatan acuan yang sudah dipasang. Semua ukuran dan perkuatan acuan diperiksa benar dan disahkan oleh konsultan/direksi untuk pekerjaan selanjutnya.
 - c. Bersihkan seluruh permukaan dan lokasi pengecoran dari kotoran dan sampah.
 - d. Tuang beton *readymix* ke dalam area pengecoran, pada saat pengecoran adukan beton diratakan dan dipadatkan dengan vibrator sehingga beton dapat padat.