

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Proyek Konstruksi

Menurut Chase et al. (1998), proyek dijelaskan sebagai sebuah rangkaian aktifitas unik yang saling terkait untuk mencapai suatu hasil tertentu dan dilakukan dalam periode waktu tertentu pula (Amaliyah, 2021).

Manajemen berasal dari kata “*manage*” yang berarti mengusahakan, merencanakan, mengatur, mengelola serta memimpin yang berasal dari Bahasa Inggris.

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber data terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, dan waktu, serta keselamatan kerja.

Menurut *Project Management Body Of Knowledge* (PMBOK) 2021, Manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik untuk kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek.

Menurut Dimiyati dan Nurjaman (2014), Manajemen proyek merupakan proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan kegiatan anggota organisasi serta sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai sasaran organisasi telah ditentukan sebelumnya (Mahyuddin et al, 2023).

Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk dapat mengelola fungsi-fungsi manajemen hingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang ada dan telah ditetapkan serta untuk dapat mengelola sumber daya yang seefisien dan seefektif mungkin.

Berikut adalah beberapa tujuan utama dari manajemen proyek (Anatassia et al, 2022):

1. Menyelesaikan Proyek Tepat Waktu: Salah satu tujuan paling penting adalah menyelesaikan proyek sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Ini penting untuk memastikan proyek tidak melampaui tenggat waktu dan menghindari penundaan yang dapat mempengaruhi hasilnya.

2. **Mengelola Anggaran dengan Efisien:** Manajemen proyek bertujuan untuk mengelola anggaran dengan baik, sehingga proyek dapat selesai dalam batas biaya yang telah ditetapkan. Ini melibatkan pemantauan pengeluaran, pengendalian biaya, dan pengalokasian sumber daya yang efisien.
3. **Mencapai Ruang Lingkup yang Ditetapkan:** Tujuan ini melibatkan pencapaian seluruh ruang lingkup yang telah ditetapkan dalam proyek. Manajemen proyek harus memastikan bahwa semua pekerjaan yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek dilaksanakan dengan baik.
4. **Menghasilkan Kualitas yang Memuaskan:** Manajemen proyek juga bertujuan untuk menghasilkan produk atau layanan dengan kualitas yang memuaskan. Ini berarti memastikan bahwa produk atau layanan tersebut sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan memenuhi harapan pemangku kepentingan.
5. **Mengelola Risiko dengan Efektif:** Tujuan ini mencakup identifikasi, evaluasi, dan pengelolaan risiko-risiko yang dapat mempengaruhi proyek. Manajemen proyek harus dapat mengurangi dampak risiko negatif dan memanfaatkan peluang positif.
6. **Mengkoordinasikan Tim dan Sumber Daya:** Manajemen proyek bertujuan untuk mengkoordinasikan tim dan sumber daya yang terlibat dalam proyek. Ini termasuk pengelolaan tenaga kerja, peralatan, dan bahan yang diperlukan untuk proyek.
7. **Mengkomunikasikan dengan Efektif:** Tujuan ini melibatkan komunikasi yang efektif antara semua pihak yang terlibat dalam proyek. Komunikasi yang baik membantu dalam pemahaman yang jelas, pemecahan masalah yang cepat, dan pengambilan keputusan yang tepat waktu.
8. **Memenuhi Kepuasan Pemangku Kepentingan:** Manajemen proyek bertujuan untuk memenuhi atau melebihi harapan pemangku kepentingan proyek, seperti pelanggan, sponsor, atau pihak terkait lainnya.

9. Pengembangan Pembelajaran: Proyek dapat menjadi sumber pembelajaran yang berharga. Tujuan ini mencakup pengumpulan pelajaran dari proyek, baik yang sukses maupun yang tidak, untuk meningkatkan manajemen proyek di masa depan.
10. Penutupan yang Teratur: Proyek harus ditutup dengan cara yang terstruktur dan resmi setelah semua tugas selesai. Tujuan ini mencakup penutupan akun-akun, evaluasi kinerja, dan penyimpanan catatan proyek.

Untuk mencapai tujuan tersebut manajemen memiliki beberapa fungsi, menurut Henry Fayol fungsi manajemen terdiri atas proses sebagai berikut (La Ode et al, 2023):

- a. Perencanaan/*Planning* merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk menetapkan sasaran/tujuan dari organisasi serta menentukan langkah yang dibutuhkan agar tujuan dapat tercapai. Perencanaan dibuat untuk digunakan pada masa yang akan datang. Kegiatan perencanaan berupa langkah untuk menentukan tahap awal yang akan dilakukan oleh suatu organisasi agar dapat mencapai tujuan serta memiliki hubungan erat dengan usaha yang dikerjakan untuk meminimalisir masalah yang akan timbul dikemudian hari dan menentukan langkah yang tepat agar dapat mewujudkan tujuan organisasi.
- b. Pengorganisasian/*Organizing* adalah kegiatan yang dilakukan untuk membagi tugas yang akan dilakukan serta melakukan proses pengembangan pada struktur organisasi yang disesuaikan dengan tujuan dari perusahaan. Tujuan pengorganisasian adalah untuk mengatur sumber daya, termasuk didalamnya sumber daya manusia (SDM) agar berfungsi secara optimal serta mampu menjalankan peran dan fungsinya masing-masing.
- c. Pengarahan/*Directing* merupakan tindakan yang dilakukan kepada seluruh tim agar dapat bekerja sesuai dengan kapasitasnya sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan rencana. Proses pengarahan bertujuan untuk mengarahkan atau mengendalikan agar pekerjaan dilakukan secara efektif dan efisien.

- d. Pengawasan/*Controlling* adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk menilai kegiatan yang telah dilakukan. Fungsi pengawasan menentukan kualitas layanan atau produk yang dihasilkan.

Manfaat adanya manajemen proyek dalam sebuah pekerjaan proyek adalah sebagai berikut (La Ode et al, 2023):

- 1) Terciptanya efisiensi dari segi biaya, sumber daya dan waktu.
- 2) Kontrol terhadap pelaksanaan proyek dapat berjalan lebih baik, sehingga proyek dapat berjalan sesuai dengan *scope* (lingkup pekerjaan), anggaran biaya, sumber daya yang digunakan, dan estimasi waktu yang diberikan.
- 3) Meningkatkan kualitas hasil pekerjaan proyek.
- 4) Meningkatkan produktivitas dari pelaksanaan pekerjaan proyek.
- 5) Menekan risiko yang mungkin timbul sekecil mungkin.
- 6) Koordinasi internal dapat berjalan lebih baik.
- 7) Meningkatkan semangat, tanggung jawab, serta loyalitas tim terhadap pekerjaan proyek.

Beberapa aspek yang dapat diidentifikasi dan menjadi masalah dalam manajemen proyek serta membutuhkan penanganan yang cermat adalah sebagai berikut (Husen, 2010):

- a) Aspek Keuangan: Masalah ini berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek. Biasanya berasal dari modal sendiri atau pinjaman dari bank atau investor dalam jangka pendek atau jangka panjang. Pada pembiayaan proyek akan menjadi sangat krusial apabila bila proyek tersebut berskala besar dengan tingkat kompleksitas yang rumit serta membutuhkan analisis keuangan yang cermat dan terencana.
- b) Aspek Anggaran Biaya: Masalah ini berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang terperinci akan memudahkan proses pengendalian biaya, sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang direncanakan. Jika sebaliknya akan menjadi peningkatan biaya yang besar dan merugikan bila proses perencanaannya salah.

- c) Aspek Manajemen Produksi: Masalah ini berkaitan dengan hasil kerja dari proyek. Dalam menangani hasil proyek yang tidak sesuai maka dilakukan berbagai usaha seperti meningkatkan produktifitas SDM, meningkatkan efisiensi proses produksi dan kerja, meningkatkan kualitas produksi melalui jaminan mutu dan pengendalian mutu.
- d) Aspek Harga: Masalah ini timbul karena kondisi eksternal dalam hal persaingan harga yang dapat merugikan perusahaan karena produk yang dihasilkan membutuhkan biaya produksi yang tinggi dan kalah bersaing dengan produk lain.
- e) Aspek Efektifitas dan Efisiensi: Masalah ini dapat merugikan bila fungsi produk yang dihasilkan tidak terpenuhi/tidak efektif atau dapat terjadi bila faktor efisiensi tidak terpenuhi, sehingga usaha produksi akan membutuhkan biaya yang sangat besar.
- f) Aspek Mutu: Masalah ini berkaitan dengan kualitas produk atau mutu akhir yang nantinya dapat meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan bagi pelanggan.
- g) Aspek Waktu: Masalah waktu dapat menimbulkan kerugian biaya bila terlambat dari yang direncanakan serta akan menguntungkan bila dapat dipercepat.
- h) Aspek Manajemen Sumber Daya Manusia: Masalah ini berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung yang berfluktuatif. Agar tidak menimbulkan masalah yang kompleks, pada perencanaan SDM organisasi proyek akan dibentuk sebelum melakukan langkah-langkah, proses staffing SDM, deksripsi kerja, perhitungan beban kerja, deskripsi wewenang dan tanggung jawab SDM serta penjelasan tentang sasaran dan tujuan proyek.
- i) Aspek Pemasaran: Masalah ini timbul berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal sehubungan dengan persaingan harga, strategi promosi, mutu produk serta analisis pasar yang salah terhadap produksi yang dihasilkan.

2.2 Tahapan Proyek Konstruksi

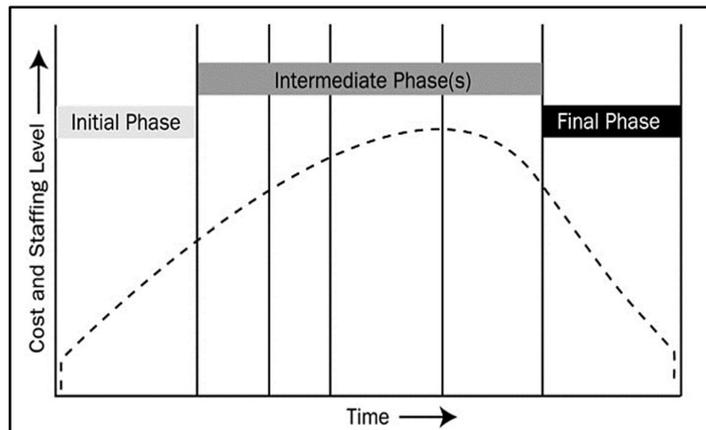
Proyek konstruksi merupakan proyek yang berkaitan dengan pembangunan suatu bangunan dan infrastruktur yang memiliki tahapan-tahapan pada pelaksanaannya (Widiasanti et al, 2013).

Tahapan proyek konstruksi dimulai sejak munculnya prakarsa pembangunan yang selanjutnya ditindaklanjuti dengan survey hingga konstruksi tersebut benar-benar berdiri dan dapat dioperasikan sesuai dengan tujuan fungsional dari bangunan tersebut.

Suatu proyek dapat dibagi dalam beberapa tahapan untuk menjaga kesesuaian dari kegiatan operasional pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaannya. Hal ini menjadi bentuk dari siklus kehidupan proyek yang mencakup:

1. *What* – Teknik apa yang dilakukan.
2. *When*– Kapan *deliverables* (hasil akhir) dicapai dan bagaimana ditinjau di validasi.
3. *Who* –Siapa yang terlibat.
4. *How* – Bagaimana mengontrol dan menyetujui.

Tahapan proyek konstruksi dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



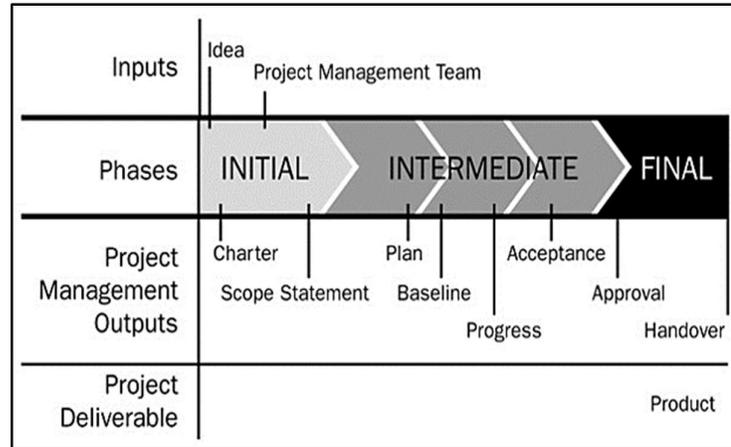
Gambar 2.1 Grafik Tahapan Proyek

Sumber: (Widiasanti et al, 2013)

Yang dimana pada grafik di atas, tahapan proyek konstruksi terdiri dari:

- a. Tahap Awal.
- b. Tahap Menengah.
- c. Tahap Akhir.

Bagian- bagian dari kegiatan setiap tahap dapat dijelaskan pada Gambar 2.2 dibawah ini.

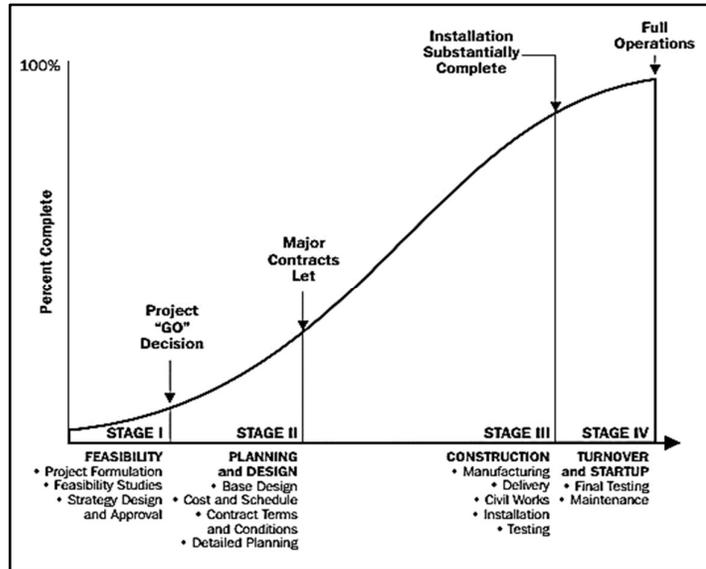


Gambar 2.2 Kegiatan Pada Tahap Proyek

Sumber: (Widiasanti et al, 2013)

Tahapan awal (*Intial phase*), dimulai dari pembentukan ide, lingkup pekerjaan, tim manajemen proyek. Tahap menengah (*Intermediate phase*), terdiri dari kegiatan perencanaan, acuan dasar, progres kegiatan, dan hasil. Untuk tahap akhir (*Final phase*) melingkupi persetujuan dan penyerahterimaan proyek sebagai hasil akhir produk kepada pemilik atau penyandang dana.

Dalam siklus hidup proyek konstruksi (*construction project life cycle*) dibuat lebih terperinci walaupun dasar dari tahapan proyek, yaitu tahap awal, menengah, dan akhir tetap dapat terlihat dalam siklus tersebut. Pada Gambar 2.3 dibawah ini terdapat grafik siklus hidup proyek konstruksi.



Gambar 2.3 Siklus Hidup Proyek Konstruksi

Sumber: (Widiasanti et al, 2013)

Tahapan dalam proyek konstruksi terdiri dari:

1) Tahap Konseptual/ Tahap Kelayakan

Tahap ini adalah tahap awal bagi pemilik proyek atau pemberi tugas.

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- a) Memformulasikan gagasan.
- b) Studi kelayakan yang mencakup berbagai aspek termasuk biaya, risiko, dan lain sebagainya.
- c) Pembuatan strategi perencanaan.

2) Tahap Perencanaan dan Desain

Tahap ini adalah tahap kedua yang dimana pada tahapan ini telah melibatkan beberapa konsultan untuk membuat perencanaan untuk keberlanjutan proyek. Pada tahap ini dilakukan kegiatan-kegiatan antara lain:

- a) Desain dasar perencanaan proyek.
- b) Perencanaan lebih jelas mengenai biaya dan penjadwalan proyek.
- c) Penentuan syarat dan ketentuan kontrak serta pelaksanaan pelelangan.

3) Tahap Produksi/Pelaksanaan Konstruksi

Tahap ini adalah tahap ketiga, yaitu tahap pembangunan atau implementasi proyek konstruksi yang sudah melibatkan pelaksana atau kontraktor. Tahap ini berisikan kegiatan-kegiatan, antara lain:

- a) Mobilisasi dan demobilisasi peralatan dan tenaga kerja.
- b) Pelaksanaan pekerjaan-pekerjaan sipil.
- c) Pengendalian dan pengujian-pengujian.

4) Tahap Serah Terima/Operasional

Tahap ini adalah tahap terakhir dalam proyek konstruksi setelah pelaksanaan pembangunan terjadi. Pada tahap ini dilakukan antara lain:

- a) Serah terima proyek.
- b) Perawatan bangunan hingga jangka waktu yang telah disepakati.
- c) Operasional bangunan.

2.3 Perencanaan Proyek Konstruksi

Perencanaan adalah salah satu fungsi vital dalam kegiatan manajemen proyek, yang dimana untuk mencapai tujuan manajemen harus membuat langkah-langkah proaktif dalam melakukan sebuah perencanaan agar sesuai sasaran serta tujuan yang dapat dicapai.

Perencanaan dikatakan baik apabila seluruh proses kegiatan yang ada didalamnya dapat diimplementasikan sesuai proses kegiatan yang ada didalamnya sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan dengan tingkat penyimpangan minimal serta hasil akhir maksimal.

Secara umum, definisi perencanaan adalah suatu tahapan dalam manajemen proyek untuk mencoba meletakkan dasar tujuan serta sasaran dalam menyiapkan segala program teknis dan administratif sehingga dapat diimplementasikan.

Tujuan dari perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan biaya, mutu, dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*Safety*).

Produk dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian. Tanpa perencanaan yang efektif, kemungkinan keberhasilan proyek menurun secara signifikan.

Semua proyek dapat dipetakan ke struktur siklus hidup generik sebagai berikut:

1. Tahap permulaan proyek.
2. Tahap pengorganisasian dan persiapan.
3. Tahap pelaksanaan pekerjaan proyek.
4. Tahap akhir proyek.

2.3.1 Perencanaan Manajemen Proyek

Tujuan utama dari manajemen proyek konstruksi adalah untuk memastikan bahwa proyek diselesaikan dengan sukses, tepat waktu, sesuai anggaran, dan dengan kualitas yang diharapkan. Dalam suatu proyek dibutuhkan yang namanya rencana proyek yang dimana rencana tersebut berisikan data untuk perencanaan dan pengelolaan dari proyek tersebut. Berikut beberapa hal untuk membentuk rencana proyek:

- a. Pernyataan misi proyek adalah pernyataan yang mendefinisikan maksud, nilai, dan sasaran proyek. Ini adalah pernyataan singkat yang mengkomunikasikan alasan keberadaan proyek, apa yang ingin dicapai, dan bagaimana cara mencapainya.
- b. Persyaratan pekerjaan proyek adalah daftar semua kebutuhan teknis pelaksanaan maupun kontraktual, seperti laporan, perangkat keras, perangkat lunak, dan sebagainya.
- c. Kriteria penyelesaian pekerjaan, yang dimana setiap *milestone* (tonggak pencapaian) harus memiliki kriteria yang ditetapkan yang akan digunakan untuk menentukan apakah fase pekerjaan sebelumnya benar-benar selesai.
- d. Spesifikasi item pekerjaan adalah suatu spesifikasi atau syarat-syarat dari suatu pekerjaan proyek konstruksi tersebut harus dipenuhi seperti spesifikasi teknik, spesifikasi arsitektural, peraturan bangunan, peraturan pemerintah, dan seterusnya.
- e. *Work Breakdown Structure* (WBS) adalah identifikasi dari semua tugas yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan proyek. WBS juga merupakan penggambaran grafis yang baik dari ruang lingkup proyek.

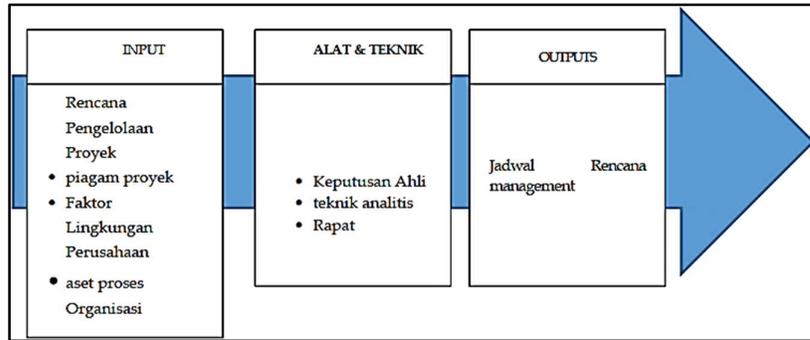
- f. Jadwal, yang dimana pencapaian dan jadwal kerja harus disediakan.
- g. Estimasi sumber daya yang dibutuhkan seperti (orang, peralatan, bahan, dan fasilitas). Ini harus ditentukan sehubungan dengan jadwal.
- h. Sistem kontrol, dalam suatu manajemen proyek adalah seperangkat proses dan alat yang digunakan untuk memantau, mengukur, dan mengendalikan aktivitas dan kemajuan proyek. Tujuan dari sistem kontrol adalah untuk memastikan bahwa proyek tetap pada jalurnya, memenuhi tujuannya, dan memberikan hasil yang diharapkan dalam batasan waktu, anggaran, dan kualitas yang ditentukan.
- i. Kontributor utama adalah penanggung jawab tiap item pekerjaan dan model komunikasi menggunakan bagan tanggung jawab linier.
- j. Perkiraan risiko pada setiap item pekerjaan konstruksi yang dilaksanakan.

2.3.2 Perencanaan Manajemen Waktu Proyek.

Manajemen waktu proyek adalah proses perencanaan, penjadwalan, pemantauan, dan pengendalian kegiatan proyek dan garis waktu untuk memastikan bahwa proyek selesai dalam batasan waktu yang ditentukan. Hal ini melibatkan penentuan tujuan proyek, memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap tugas dan aktivitas, mengembangkan jadwal proyek, dan memantau kemajuan terhadap jadwal.

Secara umum proses dari perencanaan manajemen waktu proyek terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

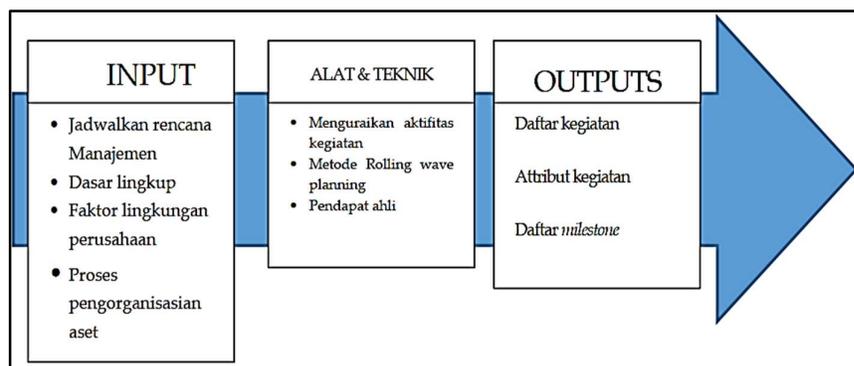
- 1) Perencanaan Manajemen Waktu adalah proses penetapan kebijakan, prosedur, dan dokumentasi untuk merencanakan, mengembangkan, mengelola, melaksanakan, dan mengendalikan jadwal proyek dapat dilihat Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Perencanaan Manajemen Waktu: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

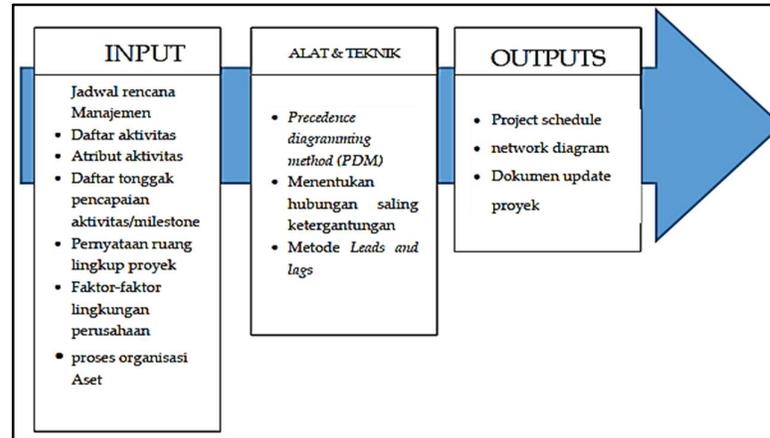
- 2) Pendefinisikan Aktivitas adalah proses mengidentifikasi dan mendokumentasikan tindakan spesifik yang akan dilakukan untuk menghasilkan produk yang diharapkan dari proyek, dapat terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Mendefinisikan Aktivitas: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

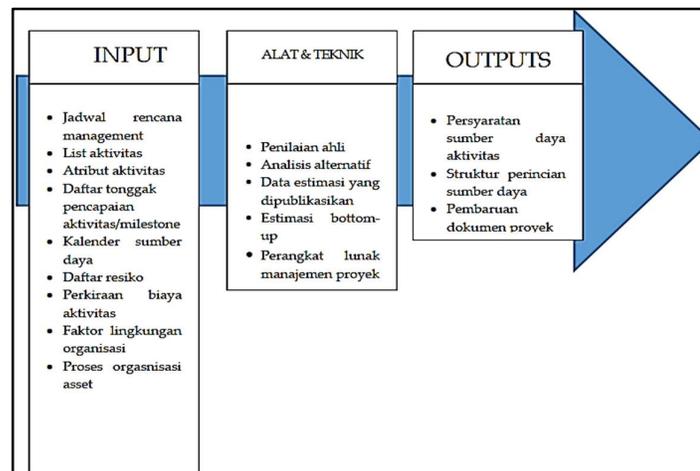
- 3) Penyusunan Urutan Kegiatan-Proses adalah mengidentifikasi dan mendokumentasikan hubungan antara kegiatan proyek, pada Gambar 2.6 menjelaskan tentang penyusunan urutan kegiatan-proses terlihat sebagai berikut.



Gambar 2.6 Membuat Urutan Kegiatan-Proses: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

- 4) Estimasi Sumber Daya Aktivitas adalah proses estimasi jenis dan jumlah material, manusia sumber daya, peralatan, atau persediaan yang diperlukan untuk melakukan setiap aktivitas, yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.

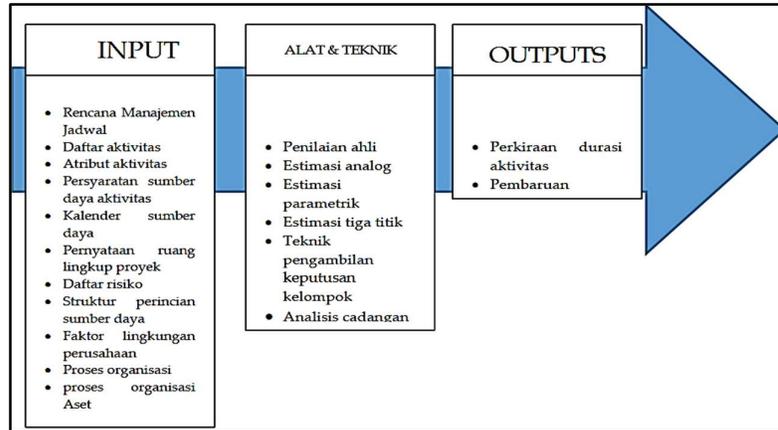


Gambar 2.7 Estimasi Sumber Daya Aktivitas: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

- 5) Perkiraan Durasi Kegiatan adalah proses memperkirakan jumlah waktu kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas dengan perkiraan

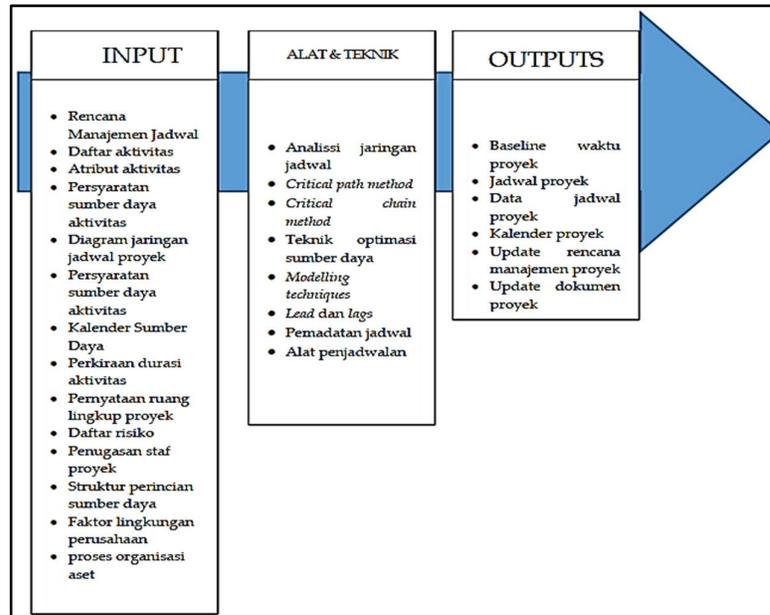
sumber daya. Pada Gambar 2.8 ini menjelaskan tentang perkiraan durasi kegiatan sebagai berikut.



Gambar 2.8 Perkiraan Durasi Kegiatan: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

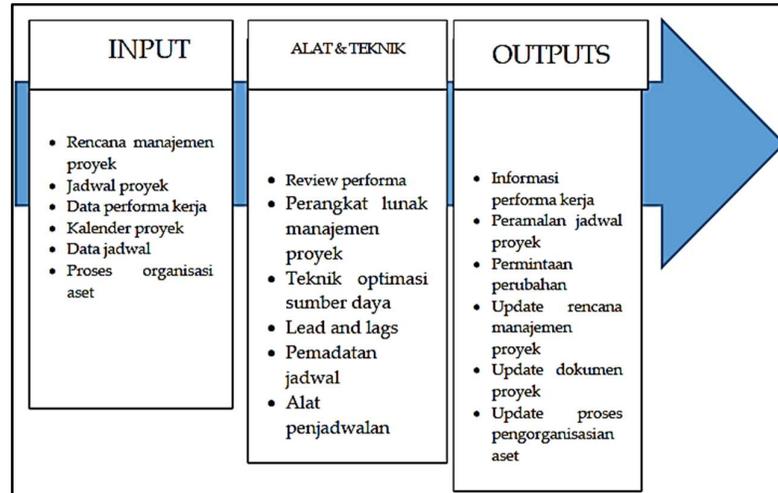
6) Mengembangkan Jadwal adalah proses menganalisis urutan aktivitas, durasi, kebutuhan sumber daya, dan batasan jadwal untuk membuat model jadwal proyek, yang dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Pengembangan Jadwal: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

7) Kontrol Jadwal adalah proses pemantauan status aktivitas proyek untuk memperbarui proyek memajukan dan mengelola perubahan pada *baseline* jadwal untuk mencapai rencana, yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Kontrol Jadwal: Input: Alat/Teknik dan Output

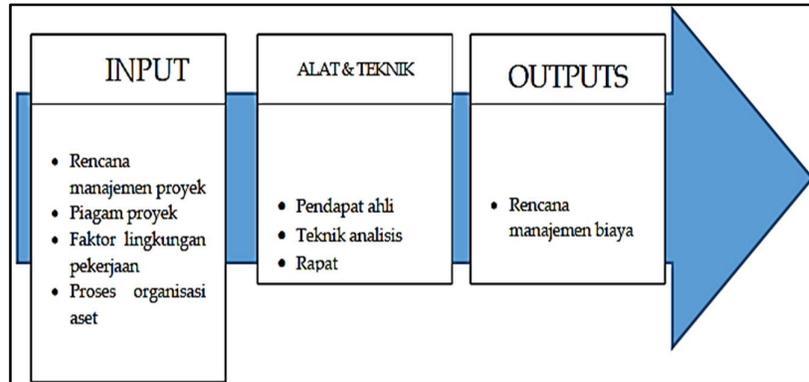
Sumber: (La Ode et al, 2023)

2.3.3 Manajemen Biaya Proyek

Manajemen biaya proyek adalah proses perencanaan, perkiraan, penganggaran, dan pengendalian biaya proyek untuk memastikan bahwa proyek selesai dalam anggaran yang disetujui.

Secara umum proses perencanaan manajemen biaya proyek terdiri dari:

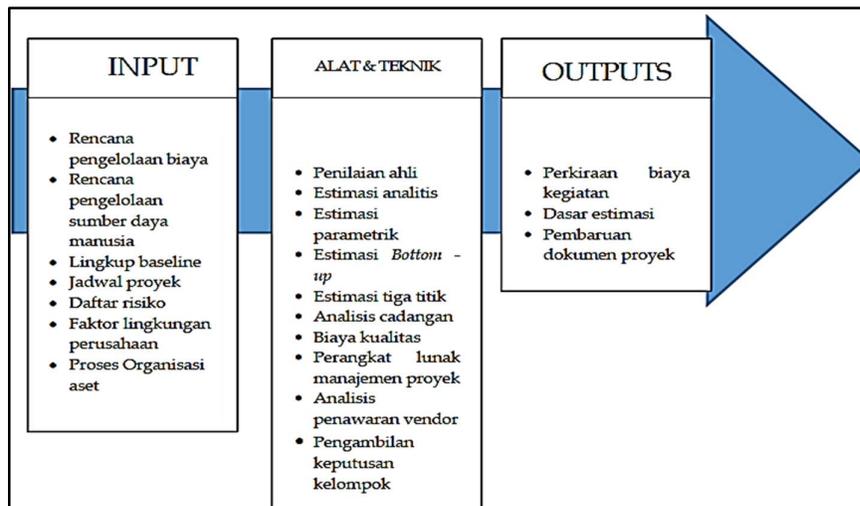
- a) Perencanaan Manajemen Biaya adalah proses yang menetapkan kebijakan, prosedur, dan dokumentasi untuk perencanaan, pengelolaan, pengeluaran, dan pengendalian biaya proyek, yang dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Merencanakan Manajemen Biaya: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

- b) Estimasi Biaya adalah proses mengembangkan perkiraan sumber daya moneter yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan proyek, yang dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 Estimasi Biaya: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

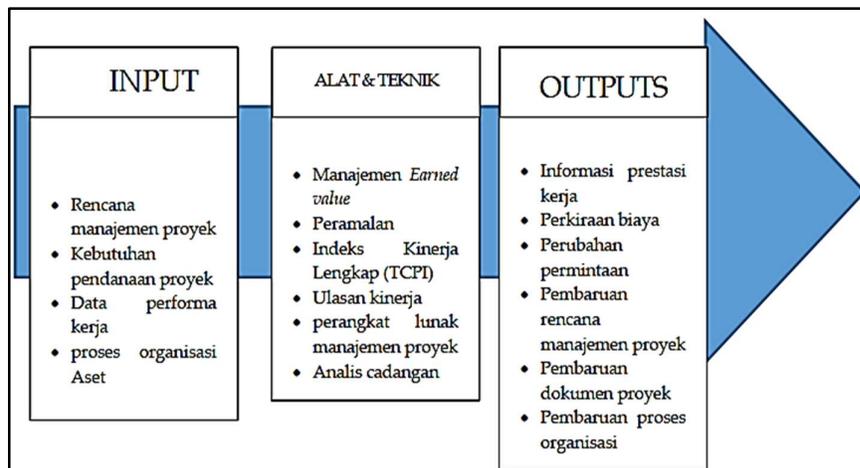
- c) Menentukan Anggaran adalah proses penjumlahan perkiraan biaya aktivitas atau pekerjaan individual paket untuk menetapkan dasar biaya resmi. Pada Gambar 2.13 menjelaskan bagaimana menentukan anggaran sebagai berikut.



Gambar 2.13 Menentukan Anggaran: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

d) Kontrol Biaya adalah proses pemantauan status proyek untuk memperbarui biaya proyek dan mengelola perubahan pada *baseline* biaya, yang dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2. 14 Kontrol Biaya: Input: Alat/Teknik dan Output

Sumber: (La Ode et al, 2023)

2.3.4 Manajemen Sumber Daya Proyek

Proses Manajemen Sumber Daya Manusia mencakup proses yang mengatur, mengelola, dan memimpin proyek. Tim proyek terdiri dari orang-orang dengan peran dan tanggung jawab yang ditugaskan untuk menyelesaikan proyek-proyek.

Anggota tim proyek mungkin memiliki keahlian yang bervariasi, dapat ditugaskan penuh atau paruh waktu, dan dapat ditambahkan atau dihapus dari tim saat proyek berlangsung. Anggota tim proyek juga dapat disebut sebagai anggota proyek. Partisipasi anggota tim selama perencanaan menambahkan keahlian mereka ke dalam proses dan memperkuat komitmen mereka terhadap proyek.

Secara umum tentang proses perencanaan manajemen sumber daya proyek, dapat dibagi atas tahapan berikut:

- (1) Merencanakan Manajemen Sumber Daya Manusia adalah proses mengidentifikasi dan mendokumentasikan peran proyek, tanggung jawab, keterampilan yang dibutuhkan, hubungan pelaporan, dan membuat rencana manajemen kepegawaian.
- (2) Akuisisi Team Proyek adalah proses konfirmasi ketersediaan sumber daya manusia dan mendapatkan tim yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan proyek.
- (3) Mengembangkan Tim Proyek adalah proses peningkatan kompetensi, interaksi anggota tim, dan lingkungan tim secara keseluruhan untuk meningkatkan kinerja proyek.
- (4) Pengelolaan Tim Proyek adalah Proses melacak kinerja anggota tim, memberikan umpan balik, menyelesaikan masalah, dan mengelola perubahan untuk mengoptimalkan kinerja proyek.

2.3.5 Perencanaan Manajemen Mutu Proyek

Manajemen mutu proyek mencakup proses dan aktivitas organisasi yang menentukan kebijakan kualitas, tujuan, dan tanggung jawab sehingga proyek akan memastikan usaha-usaha untuk memastikan kualitas yang diinginkan.

Manajemen kualitas proyek menggunakan kebijakan dan prosedur untuk diterapkan, dalam konteks proyek, sistem manajemen mutu organisasi dan jika

sesuai, mendukung perbaikan proses yang berkelanjutan aktivitas yang dilakukan atas nama organisasi pelaksana.

Secara umum tentang proses perencanaan manajemen mutu proyek, dapat dibagi atas tahapan berikut:

- (a) Perencanaan Manajemen Mutu adalah proses mengidentifikasi persyaratan mutu dan/atau standar untuk proyek dan penyampaiannya dan mendokumentasikan bagaimana proyek akan menunjukkan kepatuhan dengan kualitas persyaratan.
- (b) Pelaksanaan Jaminan Mutu adalah proses audit persyaratan mutu dan hasil dari pengukuran kontrol kualitas untuk memastikan bahwa standar kualitas dan definisi operasional yang sesuai digunakan dilapangan.
- (c) Pengendalian Mutu adalah proses pemantauan dan pencatatan hasil pelaksanaan kegiatan mutu untuk menilai kinerja dan merekomendasikan perubahan yang diperlukan.

2.4 Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Tahap pelaksanaan proyek adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan setelah perencanaan atau setelah proses penetapan pemenang pada lelang tender di suatu instansi. Tahapan kegiatan awal dari pelaksanaan proyek konstruksi terdiri dari:

2.4.1 Pengurusan Administrasi

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pengurusan administrasi, antara lain:

1. Penandatanganan kontrak kerja antara pemberi dan penerima kerja berdasarkan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) dengan biaya yang telah dilelangkan.
2. Mengurus jaminan pelaksanaan baik berupa Garansi Bank ataupun melalui asuransi penjamin yang telah ditetapkan dalam RKS.
3. Survey 0% adalah kegiatan survey lokasi proyek bertujuan untuk merencanakan ulang hal-hal yang belum dimasukkan dalam RKS.
4. Melakukan koordinasi dengan pemerintah setempat dan pihak keamanan.
5. Pemesanan material.

6. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan.
7. Perencanaan penggunaan alat kerja dan sebagainya.

2.4.2 Persiapan Lokasi

Tahap ini meliputi persiapan lokasi kerja seperti kantor sementara, ruang kesehatan, gudang material, gudang alat, ruang istirahat, WC dan kamar mandi, sanitasi, penyediaan air bersih, transportasi dan sebagainya.

2.4.3 Mobilisasi

Mobilisasi adalah kegiatan mengerahkan secara bersamaan sumber daya sarana dan prasarana telah direncanakan sebagai bagian dari kegiatan meningkatkan kemampuan secara terpadu serta terarah berdasarkan asas penyelenggaraan mobilisasi.

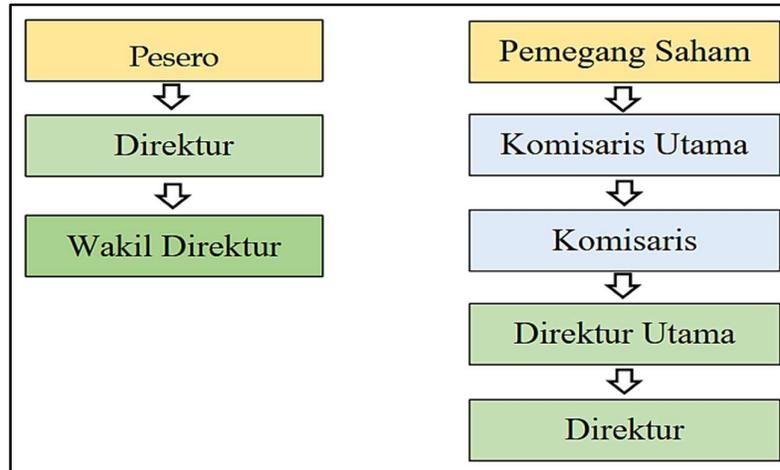
Berikut asas penyelenggaraan mobilisasi, antara lain:

- a. Asas pemerataan.
- b. Asas manfaat.
- c. Asas kebersamaan.
- d. Asas legalitas.
- e. Asas seleksi.
- f. Asas efektif.
- g. Asas efisiensi.
- h. Asas pengabdian

2.4.4 Struktur Organisasi Perusahaan dan Organisasi Proyek

1) Organisasi Perusahaan

Organisasi perusahaan adalah sumber daya manusia atau personil yang terlibat yang bertanggung jawab atas segala aktifitas perusahaan dan nama mereka tercantum dalam akta pendirian atau akta perubahan, yang dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini.



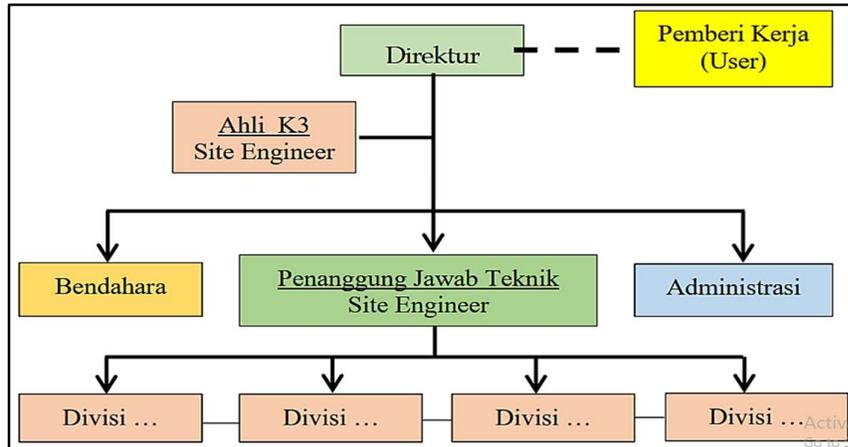
Gambar 2.15 Struktur Organisasi Perusahaan

Sumber: (La Ode et al, 2023)

Jika perusahaan dalam bentuk badan usaha *Commanditaire Vennootschap* (CV) maka personil yang tercantum adalah persero, direktur dan wakil direktur dan jika Perseroan Terbatas (PT) maka personil yang tercantum adalah pemegang saham, komisaris utama, direktur utama, direktur. Dalam akta pendirian atau perubahan dicantumkan hak, kewajiban, tugas dan tanggung masing-masing.

2) Organisasi Proyek

Organisasi proyek adalah sumber daya manusia yang terlibat adalah suatu kegiatan pekerjaan atau proyek. Tugas dan tanggung jawab personil tercantum dalam kontrak kerja antara pemberi kerja (*user*) dengan pelaksana (kontraktor) yang diawasi oleh pengawas (konsultan pengawas) dan perencana pekerjaan (konsultan) dan pemeriksa material dan aktifitas proyek (konsultan manajemen proyek). Struktur organisasi setiap perusahaan akan berbeda berdasarkan kebutuhan lapangan, yang dapat dilihat pada Gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16 Struktur Organisasi Proyek

Sumber: (La Ode et al, 2023)

2.4.5 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)

Pengertian Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) menurut Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) merupakan bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi dalam rangka menjamin terwujudnya keselamatan konstruksi.

Keberhasilan sebuah proyek konstruksi, selain diukur dari tercapainya target waktu, biaya, dan mutu juga ditentukan oleh keselamatan dalam pelaksanaan dengan tidak adanya kecelakaan (*zero accident*) dan dapat dimanfaatkan dengan handal oleh masyarakat luas. Untuk itu perlu diterapkan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK).

Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) merupakan bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi dalam rangka menjamin keselamatan konstruksi.

Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) ini mengadopsi ISO 45001:2018 dengan beberapa penyesuaian. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi harus memenuhi standar keamanan, keselamatan, dan keberlanjutan dengan menjamin:

- a) Keselamatan Keteknikan Konstruksi yang terdiri dari:
 - (1) Bangunan dan/atau aset konstruksi.
 - (2) Peralatan material.
- b) Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang terdiri dari:
 - (1) Pemilik atau pemberi pekerjaan.
 - (2) Tenaga kerja konstruksi.
 - (3) Pemasok, tamu, dan sub penyedia jasa.
- c) Keselamatan Publik, yang terdiri dari:
 - (1) Masyarakat disekitar proyek.
 - (2) Masyarakat terpapar.
- d) Keselamatan Lingkungan
 - (1) Lingkungan kerja.
 - (2) Lingkungan terdampak proyek
 - (3) Lingkungan alam.
 - (4) Lingkungan terbangun.

2.4.6 Finishing

Kegiatan yang dilakukan pada tahap *finishing* antara lain mengurus administrasi, antara lain:

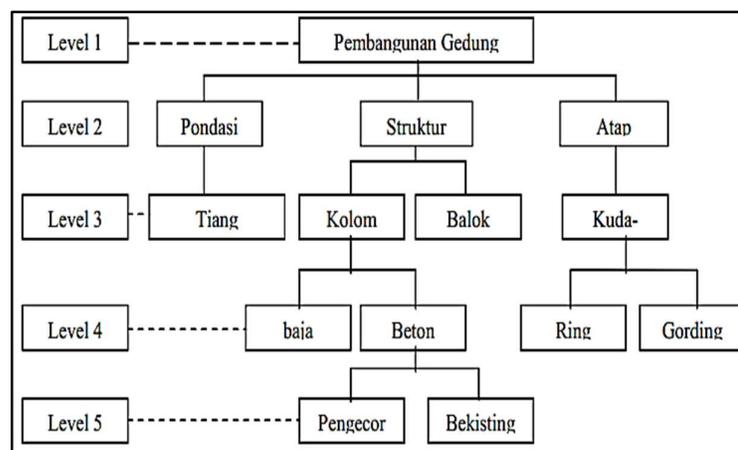
- (a) Memeriksa sistem jaringan instalasi air, instalasi listrik dan saluran pembuangan.
- (b) Survey akhir 100%.
- (c) Pengecekan lokasi oleh pemberi kerja.
- (d) Membuat berita acara serah terima pekerjaan.
- (e) Membuat jaminan pemeliharaan.
- (f) Pembersihan lokasi dari sampah proyek.

2.5 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) adalah identifikasi dari semua tugas yang harus dilakukan untuk mencapai tujuann proyek. *Work Breakdown Structure* (WBS) juga penggambaran grafis yang baik dari ruang lingkup proyek(La Ode et al, 2023).

Work Breakdown Structure (WBS) adalah diagram terstruktur dan hierarki berupa diagram pohon (*tree structure diagram*). Penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS) dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan agar komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek (Husen, 2010).

Sebuah *Work Breakdown Structure* (WBS) pada umumnya dibuat dalam bentuk grafis. Adapun contoh dari pembuatan *Work Breakdown Structure* (WBS) dalam bentuk grafis, ilustrasi contoh dari *Work Breakdown Structure* (WBS) pembangunan gedung dapat dilihat pada Gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17 *Work Breakdown Structure* (WBS) Dalam Bentuk Grafis

Sumber: (Maddeppungeng et al, 2015)

Work Breakdown Structure (WBS) juga memudahkan penjadwalan dan pengendalian karena merupakan elemen perencanaan yang terdiri atas kerangka kerangka seperti:

1. Kerangka penjabaran program.
2. Kerangka perencanaan detail.
3. Kerangka pembiayaan.
4. Kerangka penjadwalan.
5. Kerangka cara pelaporan.

Dari kerangka-kerangka tersebut, WBS dapat membantu proses penjadwalan dan pengendalian dalam suatu sistem yang terstruktur menurut hierarki yang makin terperinci, sampai pada lingkup yang makin kecil berupa paket-paket pekerjaan dengan aktivitas yang jelas. Oleh karena itu, penyempurnaan dan tindakan koreksi

dapat dilakukan bila terdapat penyimpangan-penyimpangan selama pelaksanaan proyek.

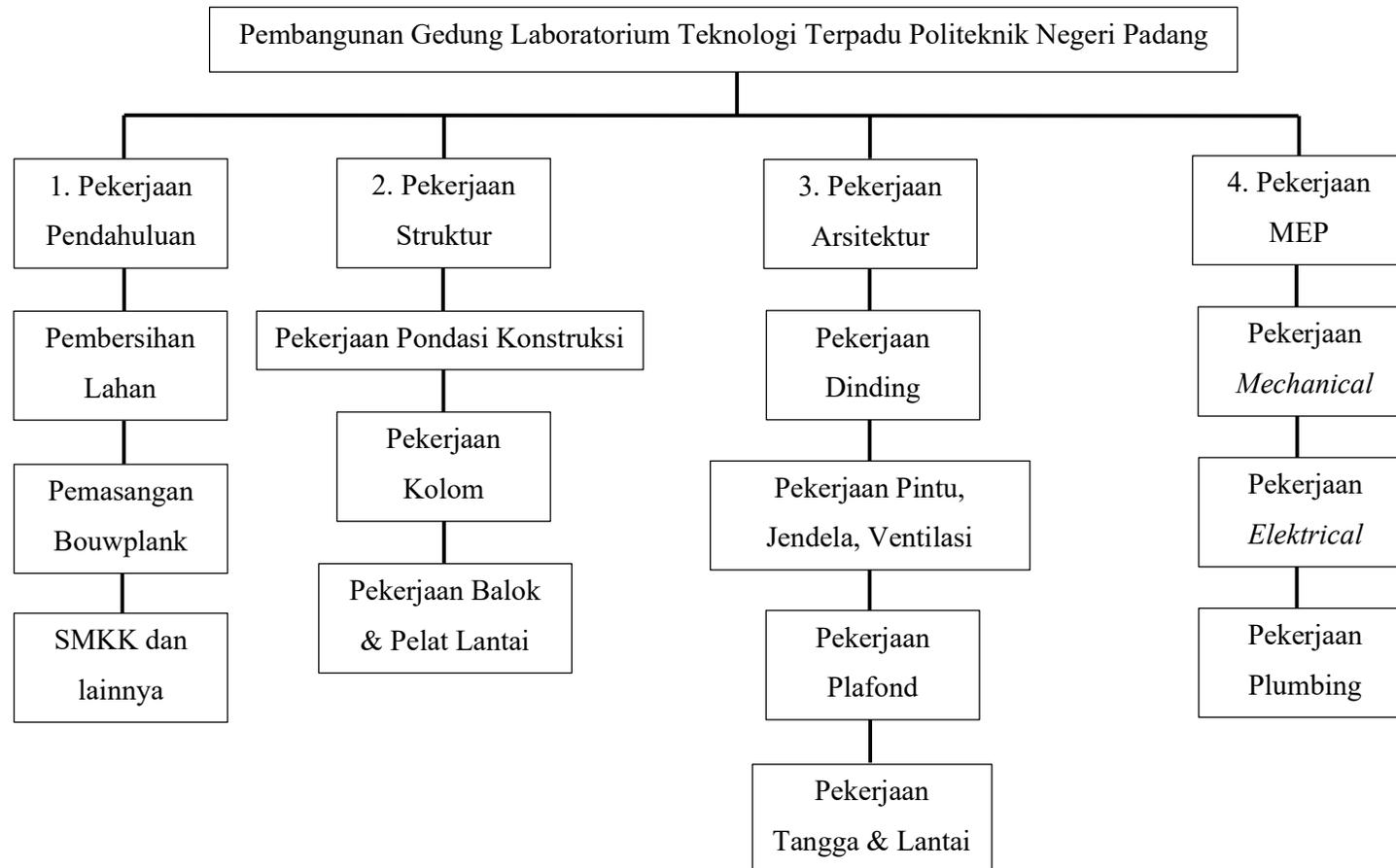
Adapun manfaat utama dari *Work Breakdown Structure* (WBS) terdiri dari:

- a. Analisis *Work Breakdown Structure* (WBS) yang melibatkan manajer fungsional dan personel yang lain dapat membantu meningkatkan akurasi dan kelengkapan pendefinisian proyek.
- b. Menjadi dasar anggaran dan penjadwalan.
- c. Menjadi alat *control* pelaksanaan proyek, karena penyimpangan biaya dan jadwal paket kerja tertentu dapat dibandingkan dengan *Work Breakdown Structure* (WBS).

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan *Work Breakdown Structure* (WBS) secara umum disusun berdasarkan klasifikasi sebagai berikut:

- 1) Pembagian berdasarkan area/lokasi yang berbeda.
- 2) Pembagian kategori yang berbeda untuk tenaga kerja, peralatan, dan material.
- 3) Pembagian subdivisi pekerjaan berdasarkan spesifikasi pekerjaan.
- 4) Pembagian pihak, seperti kontraktor utama, subkontraktor, dan pemasok.

Pada Gambar 2.18 dibawah ini terdapat *Work Breakdown Structure* (WBS) pada Pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang (PNP).



Gambar 2.18 Work Breakdown Structure (WBS) Pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang (PNP)

Penjelasan terkait setiap item pekerjaan pada *Work Breakdown Structure* (WBS) pada pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang adalah sebagai berikut:

A. Pekerjaan Pendahuluan

Pekerjaan pendahuluan adalah pekerjaan yang dilakukan sebelum proyek konstruksi dibangun dengan memastikan lahan yang akan digunakan akan sesuai dengan gambar rencana, pekerjaan meliputi:

1. Pekerjaan Pembersihan Lapangan

Pekerjaan pembersihan lapangan adalah suatu kegiatan yang dimana untuk membersihkan lokasi konstruksi dari hal-hal yang mengganggu pada saat pelaksanaan konstruksi seperti pepohonan dan batuan.

2. Pekerjaan Bouwplank

Pekerjaan bouwplank adalah sebuah papan pada proyek yang ingin dibangun untuk menentukan titik-titik batas area kerja dalam merencanakan berdirinya suatu bangunan.

3. Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)

SMKK adalah berasal dari singkatan sistem manajemen kesehatan konstruksi yang dimana pada suatu pelaksanaan proyek dibutuhkan adanya APD (Alat Pelindung Diri) seperti: helm, sarung tangan, sepatu *safety*, *safety belt*, rompi, kacamata, dan lain-lain.

B. Pekerjaan Struktur

Pekerjaan struktur adalah pekerjaan yang yang dimana untuk membangun elemen-elemen struktural dari suatu bangunan, pekerjaan meliputi:

1. Pekerjaan Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktural yang terletak di bawah permukaan tanah dan bertugas untuk menopang beban pondasi sendiri serta beban struktur yang berada di atasnya. Fungsinya adalah meneruskan beban tersebut ke dalam tanah atau batuan keras di bawahnya tanpa menyebabkan kegagalan pada stabilitas tanah, penurunan tanah, atau kerusakan pada pondasi itu sendiri. secara umum, ada dua jenis pondasi yaitu pondasi dangkal (*shallow foundations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*).

Bored pile merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang digunakan dalam pembangunan. Pondasi tiang *bored pile* ini dipasang dengan cara melakukan pengeboran tanah terlebih dahulu. Jenis pondasi *bored pile* ini sering digunakan dalam proyek konstruksi. Pemilihan metode dan pelaksanaan pondasi *bored pile* disesuaikan dengan jenis tanah, kondisi medan, serta metode konstruksi yang dipilih (Aprilia Putri et al, 2023).

Pada Pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu menggunakan pondasi *Bored Pile* yang dapat dilihat pada Gambar 2.19 memperlihatkan proses pengerjaan dari pondasi *Bored Pile*.



Gambar 2.19 Pondasi Bored Pile

Sumber: Google

Metoda dari pondasi *bored pile* sebagai berikut:

a. Pelaksanaan Pondasi *Bored pile*

- 1) Pekerjaan pembuatan pondasi *bored pile* meliputi penyediaan tenaga kerja, bahan-bahan material untuk pekerjaan tersebut dan peralatan perlengkapan untuk pekerjaan tersebut.
- 2) Pengeboran dilakukan hingga pencapaian tanah keras sesuai dengan hasil sondir tekanan kurang lebih 200 kg/cm² atau dengan data yang didapatkan oleh Penyedia Jasa pelaksana

tentunya telah disetujui oleh direksi dengan melampirkan *drilling record* baik dengan sistem *dry drilling* maupun *wash boring*.

- 3) Pengeboran dilakukan dengan menggunakan *rotary drilling machine* dengan dilengkapi buckets dan augers yang sudah memperoleh persetujuan dari pengawas dan minimum harus disediakan 1 set alat bor cadangan yang berfungsi apabila terjadi kendala suatu saat di lapangan.
 - 4) Selama tahap pengeboran dapat dilakukan perakitan besi secara beriringan untuk mempersingkat waktu pekerjaan lalu dimasukan ke galian menggunakan *crane*.
 - 5) Pengecoran menggunakan beton K-300 dengan nilai slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,52 cm.
 - 6) Apabila terjadi kecacatan dalam peletakan pondasi tiang, maka hanya dibolehkan sesuai syarat-syarat berikut:
 - a) Deviasi maksimum diukur setiap arah horizontal terhadap garis grid patokan, maksimum: 7.5 cm.
 - b) Deviasi level dari permukaan atas tiang, maksimum: 2.0 cm.
 - c) Toleransi sumbu vertikal = 1:80.
 - 7) Tiang yang tidak dilaksanakan dengan benar serta tidak memenuhi spesifikasi ini akan ditolak oleh pengawas. Penyedia Jasa wajib membuat tiang pengganti tanpa biaya tambahan.
- b. Pelaksanaan Pondasi *Pile Cap*
- 1) Pada setiap titik pondasi dilakukan penggalian untuk pembuatan *pile cap* sesuai gambar teknis.
 - 2) Kepala *bored pile* dibobok sampai dengan elevasi yang diinginkan $40 D (\pm 1m)$, lalu tulangan *bored pile* yang tersisa dirakit dengan tulangan *pile cap* menjadi satu kesatuan.
 - 3) Penulangan *pile cap* dikerjakan berdasarkan spesifikasi dan gambar rencana.

- 4) Pada sisi samping *pile cap* dipasang bekisting menggunakan kayu tebal minimal 2,5 cm atau *Plywod* tebal 9 mm dengan tulangan kayu 4/6 yang cukup jumlahnya. Untuk menyangga/stut werk digunakan kayu balok ukuran 5/7 cm, Bekisting harus dipasang rapi dan teliti dan diolesi dengan minyak bikeisting sehingga waktu pembongkaran bekisting, beton menghasilkan bidang rata dan hanya memerlukan sedikit penghalusan.
- 5) Pengecoran menggunakan beton *ready mix* K-300 dengan nilai slump (12 ± 2) cm, $w/c = 0,52$ cm.

2. Pekerjaan Kolom

Kolom adalah suatu komponen dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan beban aksial vertikal untuk mentransfer beban dari pelat ke balok kemudian ke kolom. Kolom salah satu komponen struktur yang sangat penting yang dimana keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi yang kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya pada lantai dan juga runtuh total dari seluruh komponen struktur pada sebuah proyek bangunan.

Komponen dalam struktur kolom terdiri dari besi tulangan dan beton. Besi tulangan berfungsi untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada kolom serta beton berfungsi untuk menahan gaya tekan pada kolom tersebut.

Ketentuan-ketentuan umum struktur kolom pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang (PNP) adalah:

- a. Menggunakan mutu beton F_c 30 Mpa.
- b. Tulangan utamanya menggunakan besi ulir diameter 19 mm.
- c. Tulangan Sengkang menggunakan besi ulir 13 mm.
- d. Selimut beton yang digunakan ketebalan 40 mm.

Pada pelaksanaan pekerjaan kolom dilakukan setelah terpasangnya pondasi *bored pile*.

1) Pembesian Pada Kolom

Pada Gambar 2.20 terlihat pelaksanaan dari pemasangan tulangan serta pemasangan bekisting pada lantai 1 proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang (PNP).



Gambar 2.20 Pemasangan Tulangan dan Pemasangan Bekisting

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024

Pada tahap ini merupakan langkah yang pertama setelah mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan, baik itu pada bekisting maupun pada penulangan. Berikut pekerjaan persiapan meliputi:

- a) Persiapan material yang akan digunakan yaitu besi ulir D19 mm untuk tulangan utama dan besi ulir D13mm untuk tulangan sengkang yang diikat menggunakan kawat bendrat.
- b) Setelah bahan material tersebut tersedia selanjutnya akan ada pemotongan serta pembengkokan pada besi tulangan tersebut menggunakan bar *cutting* sebagai pemotongan besi tulangan sedangkan bar *bending* untuk pembengkokan besi tersebut untuk ukurannya sudah dirancang sesuai gambar rencana.
- c) Kemudian besi tersebut dirangkai di lapangan setelah itu diangkat ke posisi kolom menggunakan *tower crane*.

d) Lalu pastikan tulangan pada kolom tersebut telah dipasang sesuai dengan gambar rencana.

2) Pekerjaan Pemasangan Bekisting

Pada proyek pembangunan Laboratorium Terpadu Politeknik Negeri Padang (PNP) untuk struktur kolomnya menggunakan ukuran kolom 80 cm x 80 cm, menggunakan bekisting bahan multitriplek. Dengan pengunci pada bekisting itu menggunakan *alat Tierot*.

3) Pekerjaan Pengecoran

Pada pekerjaan pengecoran ini menggunakan beton *ready mix* dari PT. Tiga Laskar dengan mutu beton yang digunakan adalah K-300 dengan langkah-langkah:

- a) Lakukan pembersihan area kolom.
- b) Kemudian datang *truck mixer* yang berisikan beton *ready mix* sesuai dengan mutu yang akan dicor.
- c) Setelah *truck mixer* memasuki lokasi proyek lakukan terlebih dahulu *uji slump* dengan ketentuan nilai slump adalah 12 ± 2 cm.
- d) Setelah didapatkan nilai slump sesuai dengan ketentuan yang ada. Kemudian mengambil sampel beton sebagai benda uji untuk kuat tekan beton yang akan di uji dilaboratorium.
- e) Lalu menuangkan beton *ready mix* itu ke kolom-kolom yang akan dicor.
- f) Kemudian kolom tersebut dicor dengan menggunakan *tower crane* dan pipa *tremi*.
- g) Setelah pengecoran tersebut didiamkan selama ± 8 jam – 24 jam jika sudah maka bekisting pada kolom tersebut dibuka. Pembongkaran bekisting harus mendapat izin terlebih dahulu dari konsultan pengawas dan pada saat proses pelepasan dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kolom dari kerusakan.
- h) Dan kolom tersebut akan dilapisi oleh plastik agar beton pada kolom tersebut tidak cepat terjadi penguapan.

3. Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai

Balok merupakan elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom, balok merupakan bagian dari struktur inti bangunan selain kolom dan pondasi.

Pelat lantai merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal dengan permukaan bawah dan atasnya sejajar atau mendekati sejajar.

Dalam proyek ini balok berpenampang persegi panjang dengan pengecoran balok dan pelat lantai digabung dalam satu kesatuan waktu, sehingga balok dengan plat lantai menjadi *monolit*.

1) Tahap Persiapan Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai

Persiapan awal pekerjaan balok dan pelat lantai dimulai dengan mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan, baik untuk pekerjaan bekisting maupun pekerjaan penulangan. Pekerjaan meliputi:

- a) Melakukan pemotongan dan pembengkokan baja tulangan yang akan dipakai untuk penulangan balok.
- b) Melakukan perakitan dan pembuatan bekisting multiplek yang akan digunakan untuk balok serta pelat lantai.

Pada Gambar 2.21 yaitu dapat dilihat pemasangan bekisting pada balok dan pelat lantai pada lantai 1. Pengerjaan yang terlebih dahulu dilakukan yaitu pada balok kemudian dilanjutkan dengan pelat lantai.

Ada 2 tipe balok yaitu balok induk dan balok anak. Balok induk merupakan balok yang menempel pada kolom, sedangkan balok anak menempel pada balok induk. Balok adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok anak berfungsi untuk mendistribusi beban dari pelat lantai ke balok induk.



Gambar 2.21 Pemasangan Bekisting Pada Balok dan Pelat Lantai

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024

(1) Tahap Pelaksanaan Balok

(a) Pemasangan *Scaffolding*.

1. Persiapan *scaffolding* yang akan digunakan.
2. Buat marking sebagai acuan bekisting dasar dengan mengukur elevasi bawah balok terhadap lantai bawah. Tandai pada kolom atau bekisting kolom.
3. Ratakan elevasi bawah balok diantara kolom dengan menggunakan *waterpass* manual.
4. Tegakan *scaffolding* pada tempat yang sudah ditentukan.
5. Rangkai *scaffolding* dengan aksesoris pendukung.
6. Atur ketinggian *scaffolding* sampai ukuran bawah balok sesuai dengan yang ditentukan.

(b) Pemasangan Bekisting Balok

Pemasangan bekisting balok dan pelat lantai hanya dapat dilakukan setelah perancah dipasang karena yang menjadi penyangga bekisting balok dan pelat lantai adalah perancah tersebut. Pekerjaan pemasangan bekisting dilakukan setelah pekerjaan pemasangan *scaffolding* selesai.

Adapun tahapan-tahapan pekerjaan pemasangan bekisting balok antara lain:

1. Letakan balok sebagai gelagar induk dibawah bekisting balok dan pelat lantai agar bekisting tidak mengalami lendutan.
2. Lalu, setelah perakitan gelagar balok telah siap, letakan bekisting balok yang telah dibuat. Setelah cetakan balok dipasang dilakukan pemasangan paku dan skor.

(c) Perakitan Tulangan Balok

1. Memasang tulangan utama atau tulangan pokok pada bekisting balok yang telah dipasang sebelumnya, tulangan yang dipasang sesuai dengan gambar rencana.
2. Mengikat tulangan sengkang pada tulangan pokok dengan menggunakan kawat, dengan jarak yang telah ditentukan pada gambar rencana dimana jarak tulangan tumpuan lebih rapat daripada tulangan lapangan.
3. Memasang beton *decking* pada tulangan balok yang terpasang, agar tulangan tidak menyentuh dinding acuan (bekisting balok) maupun dasar acuan tebal beton *decking* yang dipakai yaitu 2,5 cm untuk menahan lendutan tulangan dan pada waktu pengecoran, berfungsi juga untuk membentuk selimut beton.

(2) Tahap Pelaksanaan Pelat Lantai

(a) Pemasangan *Scaffolding*

1. Buat marking terlebih dahulu sebagai acuan bekisting dasar.
2. Pasang *base jack* sebagai kaki *scaffolding* yang diatur ketinggiannya sesuai rencana.
3. Tegakkan *main frame* yang merupakan bagian utama *scaffolding* pada posisi yang telah ditentukan.
4. Pasang *U-head jack* dan diatur sesuai dengan rencana.

(b) Pemasangan Bekisting Pelat Lantai

1. Letakan balok sebagai gelagar induk dibawah bekisting pelat lantai agar bekisting tidak mengalami lendutan.
2. Setelah dipasang dan pakukan semuanya letakan *plywood* diatas gelagar dan harus rapat agar tidak banyak cairan semen yang keluar pada saat pengecoran.
3. Setelah bekisting lantai dipasang pemasangan paku dan skor penguat bekisting pelat lantai.
4. Setelah selesai, lakukan pemeriksaan cetakan oleh pengawas proyek.
5. Rapikan bahan segera alat yang telah dipakai dan letakan pada tempatnya.

(c) Perakitan Tulangan Pelat Lantai

Perakitan Tulangan pada pelat lantai ini dilaksanakan pemasangan pada tulangan pelat lantai dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pada pada bekisting diberi tanda pada jarak tertentu sesuai dengan penempatan tulangan utama dengan berpedoman pada gambar kerja dan spasi antar tulangan pelatnya adalah 10 cm.
2. Memberi marking tulangan tersebut sesuai perletakan tulangan bagi.
3. Mengikat tulangan bagi pada tulangan utama dimana pengikat batang-batang tulangan tidak pada setiap titik tulangan, melainkan berselang seling antara batang yang diikat dan yang tidak diikat.
4. Memasang beton *decking* yang tebalnya 2,5 cm pada tulangan lapis pertama bagian bawah jaringan pelat.

(d) Pengecoran Balok dan Pelat Lantai

Pengecoran menggunakan beton *ready mix* dengan mutu beton K-300 Mpa. Adapun tahapan dalam pengecoran pelat lantai yaitu sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengecoran terhadap pelat lantai dan balok dilakukan uji *slump* dan pengambilan sampel kubus untuk pengecekan kuat tekan beton, apakah mutu beton sudah baik atau belum dan memenuhi standar atau tidak.
2. Pengecoran pelat lantai dilakukan bersamaan dengan pengecoran balok sehingga balok dan pelat lantai menyatu dan membentuk balok T dan L.
3. Sebelum melakukan pengecoran bersihkan terlebih dahulu area yang akan dicor menggunakan *air compressor*.
4. Pemasangan dilakukan sembari pengecoran dengan menggunakan *vibrator* agar hasil mutu pengecoran beton maksimal.

(e) Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting balok dan pelat lantai dilakukan selama 21 hari setelah pengecoran. Diasumsikan bahwa beton telah mengeras dan semen telah mencapai waktu ikatan awal.

Pembongkaran bekisting harus mendapat ijin dari pengawas proyek dan pada saat proses pembongkaran bekisting harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindarkan balok dan pelat lantai dari kerusakan.

C. Pekerjaan Arsitektur/*Finishing*

Pekerjaan arsitektur atau kerap disebut dengan pekerjaan *finishing*, adalah suatu pekerjaan yang berlangsung pada proses produksi di proyek konstruksi. Maka pekerjaan ini termasuk dalam pekerjaan yang berperan penting dalam suatu bangunan selain pekerjaan struktur. Karena hasil dari segi arsitektural dapat memperlihatkan karakteristik suatu bangunan itu sendiri dengan tetap menjaga bagian strukturnya. Secara umum pekerjaan arsitektur adalah sebuah pekerjaan yang tidak termasuk dalam pekerjaan struktur (Al Farisi et al, 2023).

Menurut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 tahun 2021 tentang Bangunan Gedung), pekerjaan arsitektur meliputi:

1. Fasad bangunan gedung.
2. Penataan dan pembagian ruangan di dalam bangunan gedung.
3. Proporsi, kecocokan dan kesesuaian dengan lingkungan sekitar bangunan gedung.

Sedangkan ruang lingkup pekerjaan arsitektur terdiri atas:

- a. Pekerjaan pemasangan dinding.
- b. Pekerjaan plester dan aci.
- c. Pekerjaan kusen, pintu, jendela, dan kaca.
- d. Pekerjaan langit-langit.
- e. Pekerjaan pengecatan.
- f. Pekerjaan keramik.
- g. Pekerjaan *railing*.
- h. Pekerjaan sanitair.

Sistematika pelaksanaan pekerjaan arsitektur/*finishing*, melewati beberapa tahapan pelaksanaan dan pengawasan khusus. Karena perlu diketahui bahwa pekerjaan ini bukan merupakan perbaikan kecacatan dari pekerjaan struktur yang telah jadi.

Berdasarkan urutan proses pekerjaan, pekerjaan arsitektur dilaksanakan setelah proses pekerjaan struktur selesai, namun pelaksanaan di lapangan, dapat dilaksanakan secara bersamaan atau *fast track*, serta kerap kali terdapat beberapa item pekerjaan arsitektur dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*), seperti pada pekerjaan langit-langit, dinding, partisi, penutup lantai, dan lain-lain.

D. Pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)

Mechanical, Electrical, Plumbing (MEP) telah menjadi salah satu kontributor terbesar untuk biaya konstruksi bangunan. *Mechanical, Electrical, Plumbing* (MEP) juga merupakan kontributor besar dari konsumsi energi pada bangunan, termasuk dalam biaya operasi dan pemeliharannya. Ini telah menyebabkan pengakuan umum tentang pentingnya sistem MEP

dalam industri konstruksi saat ini. Desain yang baik dapat menghasilkan (Setiawan et al, 2021):

- 1) Hidup sehat dan nyaman.
- 2) Kontrol lingkungan yang lebih baik.
- 3) Efisiensi operasional.
- 4) Rendahnya emisi gas rumah kaca.
- 5) Peningkatan produktivitas.

a) Sistem Mekanikal Bangunan

Dalam konteks layanan mekanis bangunan, orientasi mengacu pada strategi yang digunakan untuk memanaskan, mendinginkan, dan mendistribusikan udara di sekitar bangunan, dalam istilah umum dikenal dengan *Heating Ventilating and Air Conditioning* (HVAC). Instalasi mekanis adalah sistem layanan bangunan yang harus terdiri pemanasan, ventilasi, air, tanah dan limbah, dan layanan perlindungan kebakaran.

Desain layanan mekanik mempertimbangkan situs iklim mikro, bentuk bangunan dan orientasi ruang, karakteristik termal, kinerja bangunan, tren hunian dan batasan pada emisi polutan dan juga mencakup semua proses pengkondisian yang diterapkan pada udara sekitar untuk mendapatkan lingkungan dalam ruangan yang nyaman dalam hal suhu seperti kelembaban relatif, kualitas udara dalam ruangan, dan distribusi udara.

b) Sistem Elektrikal Bangunan

Listrik atau elektrisitas adalah bentuk energi yang paling lazim di bangunan modern. Dalam hal ini layanan listrik tidak hanya mengatur penerangan listrik, tetapi juga menyediakan daya untuk peralatan *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (HVAC), daya traksi untuk elevator dan transportasi material, dan daya untuk semua peralatan sinyal dan komunikasi.

Kegagalan daya listrik dapat melumpuhkan fasilitas. Masalah utama dalam pemanfaatan energi listrik yaitu: tidak seperti bahan bakar atau bahkan tenaga panas, energi listrik tidak dapat disimpan dengan mudah, oleh karena itu harus dihasilkan dan digunakan secara instan, sehingga membutuhkan konsep pemanfaatan yang sama sekali berbeda dari biasanya.

c) Sistem *Plumbing* Bangunan

Plumbing didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan pipa dan peralatannya di dalam gedung atau di luar gedung yang berdekatan dengan air bersih dan air buangan yang dihubungkan dengan sistem saluran kota, sebagai suatu kesatuan instalasi yang berfungsi untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup, dan membuang air ke tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya.

Secara khusus, pengertian *plumbing* merupakan sistem perpipaan dalam bangunan, meliputi:

- 1) Penyediaan air bersih.
- 2) Jumlah pemakaian air bersih.
- 3) Kualitas air bersih.
- 4) Jenis sistem penyediaan air bersih, dan
- 5) Penyaluran air buangan.

2.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah serangkaian proses perencanaan yang terkait dengan pembangunan, perencanaan anggaran biaya suatu bangunan biasanya dilakukan sebelumnya dimulainya pekerjaan konstruksi. Untuk mempermudah perhitungannya, setiap jenis pekerjaan perlu dikalkulasikan volumenya. Berdasarkan perhitungan tersebut akan dibuat total harga bahan, dan upah kerja untuk setiap jenis pekerjaan yang terkait (Mahyuddin et al, 2023).

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk suatu bangunan dapat berbeda jika bangunan tersebut dibangun dilokasi berbeda dengan perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja pada setiap daerah berbeda. Secara umum penyusunan anggaran biaya adalah, (Sumber: Mahyuddin et al, 2023).

$$RAB = \text{Jumlahkan (Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Pada perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ini semua tahapan pekerjaan konstruksi yang terlaksana akan dihitung mulai dari tahap persiapan hingga tahap penyelesaian/*finishing*, kemudian dianalisa pada setiap item pekerjaan

untuk menentukan harga satuan dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk sebuah proyek konstruksi tersebut.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Menyusun estimasi biaya total pekerjaan yang merinci setiap item pekerjaan yang akan dilakukan. RAB harus mencakup total upah kerja, material, peralatan, dan juga biaya lainnya yang diperlukan seperti perizinan, kantor atau gudang sementara, air dan listrik kerja, serta komponen lainnya.
2. Menentukan daftar dan jumlah material yang diperlukan untuk proyek tersebut.
3. Menjadi dasar untuk memilih kontraktor yang akan melaksanakan proyek.
4. Menguraikan peralatan yang diperlukan selama pelaksanaan proyek.

Dalam perhitungan rencana anggaran biaya terdapat tiga aspek penting yang akan yang perlu diperhatikan:

- a. Volume Pekerjaan.
- b. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP).
- c. Harga Satuan Pekerjaan (HSP).

2.6.1 Volume Pekerjaan

Volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satuan. Volume juga disebut dengan kubikasi pekerjaan. Maka volume (kubikasi) dari suatu pekerjaan bukanlah volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian dari pekerjaan dalam satu kesatuan (Firman, 2019).

Pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) perhitungan volume pekerjaan merupakan tahapan awal sebelum estimasi biaya dari total proyek konstruksi. Dalam perhitungan volume memakai satuan yang dimana dijelaskan sebagai berikut:

- a) Satuan Luas (m^2), contoh perhitungan menggunakan satuan ini adalah seperti pekerjaan pembersihan lapangan, pemasangan keramik, dan lainnya (Sumber: Graciella et al, 2024).

$$A (m^2) = Panjang \times Lebar \dots\dots\dots(2.2)$$

b) Satuan Volume (m^3), contoh perhitungan menggunakan satuan ini adalah pengecoran kolom, pekerjaan pondasi dan lain-lainnya (Sumber: Graciella et al, 2024).

$$V (m^3) = Panjang \times Lebar \times Tinggi \dots\dots\dots(2.3)$$

c) Satuan Panjang (m), contoh perhitungan satuan ini adalah panjang pipa untuk sanitasi air bersih dan kotor (Sumber: Graciella et al, 2024).

$$K (m) = Panjang Horizontal (\Sigma H) + Panjang Vertikal (\Sigma V) \dots\dots(2.4)$$

d) Volume untuk Borongan (Ls, unit, buah) contohnya penggunaan satuan ini adalah satuan borongan pada pekerjaan mekanikal dan plumbing. (Sumber: Graciella et al, 2024).

Perhitungan volume pekerjaan dikerjakan sesuai dengan tahapan pekerjaan yang ada pada *Work Breakdown Structure* (WBS) dari tahapan pekerjaan pendahuluan sampai pekerjaan MEP (*Mechanical, Elektrical, Plumbing*). Berikut perhitungan volume pekerjaan:

A. Pekerjaan Pendahuluan

1) Pembersihan Lahan (Sumber: Kumala, 2019).

$$A(luas) = Panjang lahan \times Lebar lahan \dots\dots\dots (m^2)(2.5)$$

2) Pemasangan Bouwplank (Sumber: Kumala, 2019).

$$K(keliling) = (2 \times P. bouwplank) + (2 \times l. bouwplank) \dots (m)(2.6)$$

3) SMK (Sistem Manajemen Keselamatan Kerja) dan lain-lainnya
 Dihitung berdasarkan berapa pekerja yang membutuhkan APD (alat Pelindung Diri) pada pelaksanaan proyek konstruksi tersebut.

B. Pekerjaan Struktur

1) Pekerjaan Pondasi

Pondasi yang digunakan pada proyek konstruksi yang diamati oleh penulis dalam Tugas Akhir ini adalah Pondasi *Bored Pile*. Menghitung volume dari pondasi ini adalah terdiri dari menghitung pekerjaan pengeboran *bored pile*, pembesian *bored pile*, dan pengecoran *bored pile* tersebut.

- a) Pekerjaan Pengeboran Pondasi *Bored Pile* (Sumber:Wulan, 2022).

$$K(BP) = 1 \times T.pondasi \times Jml Pondasi \dots\dots\dots(m) \quad (2.7)$$

Keterangan:

K(BP) = Panjang Galian (m).

T. pondasi = Tinggi Pondasi (m).

Jml. Pondasi = Jumlah Pondasi.

- b) Pekerjaan Pembesian (Sumber: Nikolus et al, 2023).

$$W = 0,006165 \times D \times D \times P \dots\dots\dots (Kg)(2.8)$$

Keterangan:

D = Diameter besi (m)

P = Panjang total besi.

Untuk nilai 0,006165 merupakan konstanta yang didapatkan dari rumus berat besi yang dijabarkan sebagai berikut(Nikolus et al, 2023):

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi} &= \text{Volume Besi (Tabung)} \times \text{Berat Jenis Besi} \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1 \times 10^{-6} \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= 0,006165 \times d^2 \times L \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

c) Pekerjaan Pengecoran (Sumber:Wulan, 2022).

$$V(\text{peng}) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T \times \text{Jml} \dots\dots\dots(\text{m}^3)(2.10)$$

Keterangan:

- V(Pengecoran) = Volume Pengecoran(m³).
- T = Tinggi Pondasi (m).
- D² = Diameter *Bored Pile*(m²).
- Jml = Jumlah Pondasi (Buah).

2) Pekerjaan Kolom

Terdiri dari beberapa item pekerjaan yaitu pekerjaan pembesian, bekisting, dan pengecoran.

a) Pekerjaan Pembesian (Sumber: Nikolus et al, 2023).

$$W = 0,006165 \times D \times D \times P \dots\dots\dots(\text{Kg})(2.11)$$

Keterangan:

- D = Diameter besi (m).
- P = Panjang total besi.

Untuk nilai 0,006165 merupakan konstanta yang didapatkan dari rumus berat besi yang dijabarkan sebagai berikut(Sumber: Nikolus et al, 2023):

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi} &= \text{Volume Besi (Tabung)} \times \text{Berat Jenis Besi} \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1 \times 10^{-6} \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= 0,006165 \times d^2 \times L \dots\dots\dots(2.12) \end{aligned}$$

b) Pekerjaan Bekisting (Sumber:Bagaskara et al, 2023).

$$V(\text{Bek}) = T. \text{Bek} \times K. \text{Kolom} \dots\dots\dots(\text{m}^2)(2.13)$$

Keterangan:

- V(Bek) = Volume Bekisting (m²).

T. Bek = Tinggi Bekisting (m).
 K.Kolom = Keliling Kolom (m).

c) Pekerjaan Pengecoran (Sumber: Bagaskara et al, 2023).

$$V(\text{pengecoran}) = T. Bek \times L. Kolom \dots\dots\dots(m^3)(2.14)$$

Keterangan:

V(Pengecoran) = Volume Pengecoran(m³).
 T. Bek = Tinggi Bekisting (m).
 L. kolom = Luas Kolom (m²).

3) Pekerjaan Balok & Pelat Lantai

a) Pekerjaan Balok

Terdiri dari beberapa item pekerjaan yaitu pekerjaan pembesian, bekisting, dan pengecoran.

(1) Pekerjaan Pembesian (Sumber: Nikolus et al, 2023).

$$W = 0,006165 \times D \times D \times P \dots\dots\dots(Kg)(2.15)$$

Keterangan:

D = Diameter besi (m).
 P = Panjang total besi.

Untuk nilai 0,006165 merupakan konstanta yang didapatkan dari rumus berat besi yang dijabarkan sebagai berikut (Sumber: Nikolus et al, 2023):

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi} &= \text{Volume Besi (Tabung)} \times \text{Berat Jenis Besi} \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1 \times 10^{-6} \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= 0,006165 \times d^2 \times L \dots\dots\dots(2.16) \end{aligned}$$

(2) Pekerjaan Bekisting (Sumber:Fadillah et al, 2024).

$$V(\text{Bek}) = (2 \times P. blk \times T. blk) + (2 \times L. blk \times T. blk) \dots(m^2)(2.17)$$

Keterangan:

V(Bek) = Volume Bekisting (m²).

P. blk = Panjang Balok (m).

T. blk = Tinggi Balok(m).

L. blk = Lebar balok (m)

(3) Pekerjaan Pengecoran (Sumber: Fadillah et al, 2024).

$$V(peng) = P. blk \times L. blk \times T. blk \dots\dots\dots(m^3)(2.18)$$

Keterangan:

V(Peng) = Volume Pengecoran (m³).

P. blk = Panjang Balok (m).

L. blk = Lebar Balok (m).

T. blk = Tinggi Balok (m).

b) Pekerjaan Pelat Lantai

Terdiri dari beberapa item pekerjaan yaitu pekerjaan pembesian, bekisting, dan pengecoran.

(1) Pekerjaan pembesian (Sumber:Nikolus et al, 2023).

$$W = 0,006165 \times D \times D \times P \dots\dots\dots(Kg)(2.19)$$

Keterangan:

D = Diameter besi (m).

P = Panjang total besi.

Untuk nilai 0,006165 merupakan konstanta yang didapatkan dari rumus berat besi yang dijabarkan sebagai berikut(Sumber: Nikolus et al, 2023):

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi} &= \text{Volume Besi (Tabung)} \times \text{Berat Jenis Besi} \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1 \times 10^{-6} \times d^2 \times L\right) \times 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Besi} &= 0,006165 \times d^2 \times L \dots\dots\dots(2.20) \end{aligned}$$

(2) Pekerjaan Bekisting (Sumber: Fadillah et al, 2024).

$$V(Bek) = (P.pl \times L.pl) + (2 \times P.pl \times T.pl) + (2 \times L.pl \times T.pl) \dots(m^2)(2.21)$$

Keterangan:

- V(Bek) = Volume Bekisting (m²).
- P. pl = Panjang Pelat Lantai(m).
- L. pl = Lebar Pelat Lantai (m).
- T. pl = Tinggi Pelat Lantai (m)

(3) Pekerjaan Pengecoran (Sumber: Fadillah et al, 2024).

$$V(penge) = P.pl \times L.pl \times T.pl \dots(m^3)(2.22)$$

Keterangan:

- V(Peng) = Volume Pengecoran (m³).
- P. pl = Panjang Pelat Lantai (m).
- L. pl = Lebar Pelat Lantai (m).
- T. pl = Tinggi Pelat Lantai (m).

C. Pekerjaan Arsitektur

1) Pekerjaan Dinding (Sumber: Kumala, 2019).

$$A(dinding) = L \times T \times N \dots(m^2)(2.23)$$

Keterangan:

- A (dinding) = Luas Dinding (m²).
- L = Lebar Dinding (m).
- T = Tinggi Dinding (m)
- N = Jumlah Dinding.

2) Pekerjaan Plafond (Sumber: Kumala, 2019).

$$A(plafond) = P \times l \dots(m^2)(2.24)$$

Keterangan:

- A (plafond) = Luas Plafond (m²).
- P = Panjang Ruangan (m).
- l = Lebar Ruangan (m).

3) Pekerjaan Lantai (Sumber: Graciella et al, 2024).

$$A(\text{keramik}) = P \times l \dots\dots\dots(\text{m}^2)(2.25)$$

Keterangan:

A (keramik) = Luas Keramik (m^2).

P = Panjang Keramik (m).

l = Lebar Keramik (m).

D. Pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)

1) Perhitungan Kebutuhan Pipa (Sumber: Kumala, 2019).

$$K(\text{Pipa}) = \text{Panjang Pipa} \dots\dots\dots(\text{m})(2.26)$$

Keterangan:

K (Pipa) = Kebutuhan Pipa.

2) Perhitungan Kebutuhan Keran Air

Untuk menghitung jumlah keran dapat dilakukan dengan menghitung jumlah units keran yang akan digunakan. Keran ada 2 jenis yaitu keran berbahan plastik dan keran berbahan *stainlees*.

3) Perhitungan Stop Kontak dan Kebutuhan Lampu

Untuk menghitung jumlah stop kontak dan kebutuhan lampu dapat dihitung melalui denah instalasi listrik yang ada pada gambar rencana. Dalam gambar denah instalasi listrik tersebut sudah terdapat lampu dengan daya berapa *watt* untuk setiap ruangan dan teras.

2.6.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang akan dijabarkan dalam perkalian pada kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bangunan, standar pengupahan pekerja, dan harga sewa/beli peralatan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi tersebut.

Tabel 2.1 Contoh Tabel Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Jenis Pekerjaan : Membuat 1 m3 Beton Mutu F'c = 31,2 Mpa (K 350), Slump (12 ± 2) cm, W/c = 0,48 Satuan/Unit : M3 Analisa : A.4.1.1.8					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A. TENAGA					
1	Pekerja	OH	2,1000	121.000,00	254.100,00
2	Tukang	OH	0,3500	154.000,00	53.900,00
3	Kepala Tukang	OH	0,0350	181.500,00	6.352,50
4	Mandor	OH	0,1050	137.500,00	14.437,50
Jumlah Tenaga Kerja					328.790,00
B. BAHAN					
1	Semen Portland	Kg	448,000	1.575,00	705.600,00
2	Pasir Beton	Kg	667,000	172,73	115.210,91
3	Kerikil	Kg	1.000,00	325,93	325.930,00
4	Air	Liter	215,000	400,00	86.000,00
Jumlah Bahan					1.232.740,91
C. PERALATAN					
Jumlah Peralatan					-
D Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A + B + C)					1.561.530,91
E Overhead & Profit 15% X D					234.229,64
F Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					1.795.760,55

Sumber: (Dewi et al, 2021)

2.6.3 Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri atas upah, alat dan bahan. Biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum dan keuntungan. Biaya langsung masing-masing ditentukan sebagai harga satuan dasar (HSD) untuk setiap satuan pengukuran standar, agar hasil rumusan analisis yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Biaya tidak langsung dapat ditetapkan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Harga satuan dasar yang digunakan harus sesuai dengan asumsi pelaksanaan/penyediaan yang aktual (sesuai dengan kondisi lapangan) dan mempertimbangkan harga pasar setempat waktu penyusunan harga perkiraan sendiri (HPS) atau harga perkiraan perencana (HPP). Berikut rumus harga satuan pekerjaan secara umum:(Sumber: Siregar et al, 2022).

$$HSP = HSD \text{ Upah} + HSD \text{ Bahan} + HSD \text{ Alat} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan:

- HSP : Harga Satuan Pekerjaan.
HSD Upah : Harga Satuan Dasar Upah.
HSD Bahan : Harga Satuan Dasar Bahan.
HSD Alat : Harga Satuan Dasar Alat.

Jika harga satuan pekerjaan diketahui, RAB dapat dihitung. Setelah RAB dihitung, langkah selanjutnya adalah menghitung bobot pekerjaan. Bobot pekerjaan adalah harga item pekerjaan dibagi harga keseluruhan dikali 100%. Bobot pekerjaan di perlukan untuk menyusun *Time Schedule* dan Kurva S. Contoh harga satuan pekerjaan ditunjukkan pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Contoh Tabel Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

DAFTAR HARGA SATUAN UPAH DAN BAHAN BANGUNAN			
No	UR A I A N	SATUA N	HARGA (Rp.)
1	2	3	4
A. UPAH			
1	Pekerja	OH	121.000,00
2	Tukang	OH	154.000,00
3	Kepala tukang	OH	181.500,00
4	Mandor	OH	137.500,00
B. BAHAN			
1	Air	Ltr	400,00
2	Atap asbes Gelombang 8 kaki	Lbr	122.500,00
3	Asbes Quality 1 x 1 M'	Lbr	40.500,00
4	Atap genteng metal 0.25	Lbr	148.500,00
5	Atap Zincalum powder coating 30 (7 Kaki) / Spandek No. L.670 Cm	Lbr	105.000,00
6	Baja Profil	Kg	73.000,00
7	Batu Bata	Bh	900,00
8	Batu Kali/Batu Belah (Sungai/Gunung)	M3	405.000,00
9	Batu Pecah 5 - 7 cm	M3	572.000,00
10	Batu Pecah 3 - 5 cm	M3	524.000,00
11	Batu Pecah 2 - 3 cm	M3	534.000,00
12	Batu Pecah 2 - 3 cm	Kg	263,64
13	Besi Beton Polos 10 MM	Batang	75.000,00
14	Besi Beton Polos 12 MM	Batang	111.500,00
15	Besi Beton Polos 14 MM	Batang	220.000,00

Sumber: (Kubro, 2022)

2.7 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana serta kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek, dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen, 2010).

Secara umum, penjadwalan mempunyai manfaat seperti berikut:

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditentukan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Pada manajemen konstruksi terdapat beberapa metode yang digunakan untuk penjadwalan pada suatu proyek terdiri dari:

- a. *Bar Chart (Gantt Chart)* diagram dan Kurva S (*Hannum Curve*).
- b. *NetWork Planning* diagram.
- c. *Critical Path Method (CPM)*.
- d. *Linear Schedule Methode (LSM)*.
- e. *Precedence Diagram Method (PDM)*.
- f. *Project Evaluation and Review Technique (PERT)*.

Pada Tugas Akhir metode yang digunakan adalah *Bar Chart* dan Kurva S (*Hannum Curve*) dengan menggunakan Software Microsoft Excel 2019.

2.7.1 *Bar Chart (Gantt Chart)* diagram dan Kurva S (*Hannum Curve*)

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

Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan/paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya.

Penyajian informasi bagan balok agak terbatas, misal hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Apabila terjadi ketelambatan proyek, maka prioritas kegiatan dikoreksi akan menjadi sukar untuk dilakukan. Pada Gambar 2.23 dibawah ini merupakan contoh dari metode *Bar Chart*.

No	Waktu Jenis Pekerjaan	Maret				April				Mei				Juni			
		Bulan ke 1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pek. persiapan	■	■	■													
2.	Pek. penimbunan & pemadatan		■	■	■	■	■	■									
3.	Galian lubang pondasi				■	■	■	■	■								
4.	Pondasi pelat setempat						■	■	■	■	■	■					
5.	Pondasi batu kali							■	■	■	■	■					
6.	Sloof dan balok kopel								■	■	■	■	■				
7.	Timbunan kembali										■	■	■				
Pekerjaan Konstruksi Baja																	
8.	Persiapan di Workshop				■	■	■	■	■								
9.	Pengangkutan ke site								■	■	■	■	■				
10.	Pemasangan kolom										■	■	■	■	■	■	
11.	Pemasangan rafter											■	■	■	■	■	
12.	Pemasangan gording, trekstang, dan ikatan angin													■	■	■	■

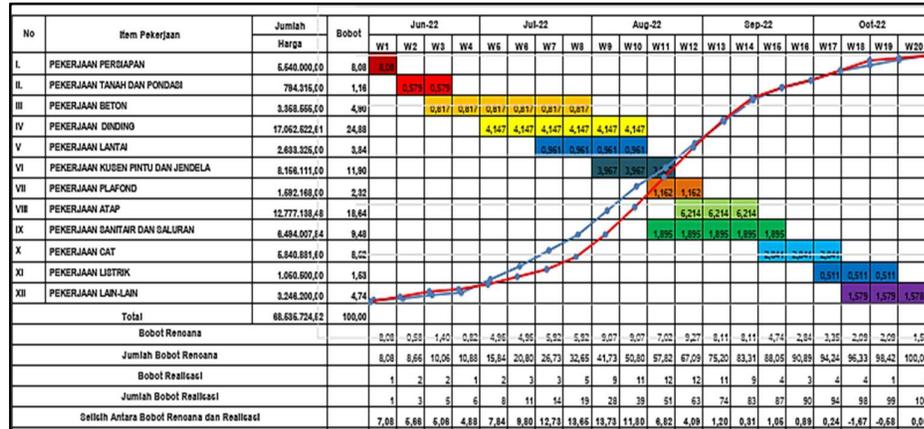
Gambar 2.23 Contoh Metode Bar Chart

Sumber: (AL-bab et al, 2024)

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hannum atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek.

Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi Kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. tetapi informasi yang didapat tidak detail dan hanya terbatas untuk menilai kemajuan proyek (Husen, 2010).

Perbaikan lebih lanjutnya metode ini dikombinasikan dengan metode lain seperti dengan metode *Bar Chart* atau dengan metode *Network Planning*. Pada Gambar 2.24 dibawah ini merupakan contoh dari metode Kurva S.



Gambar 2.24 Contoh Metode Kurva S

Sumber: (Rido et al, 2023)

2.7.2 Network Planning Diagram

Network Planning Diagram adalah suatu alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek (Rani, 2016).

Pada prinsipnya, suatu proyek dapat dikategorikan sebagai berikut:

- 1) Proyek-proyek yang kompleks dengan banyak aktivitas-aktivitas yang saling bergantung. Contohnya: rumah susun, gedung bertingkat banyak.
- 2) Proyek-proyek besar dimana banyak sekali personalia, tenaga kerja, dan jumlah yang cukup besar material, *equipment*, waktu, serta biaya.
- 3) Proyek -proyek yang membutuhkan koordinasi antara beberapa pejabat dan departemen-departemen.
- 4) Proyek-proyek dimana sangat diperlukan informasi yang pada dan kontinyu.
- 5) Proyek-proyek yang harus diselesaikan dalam waktu yang tepat dengan biaya yang terbatas.

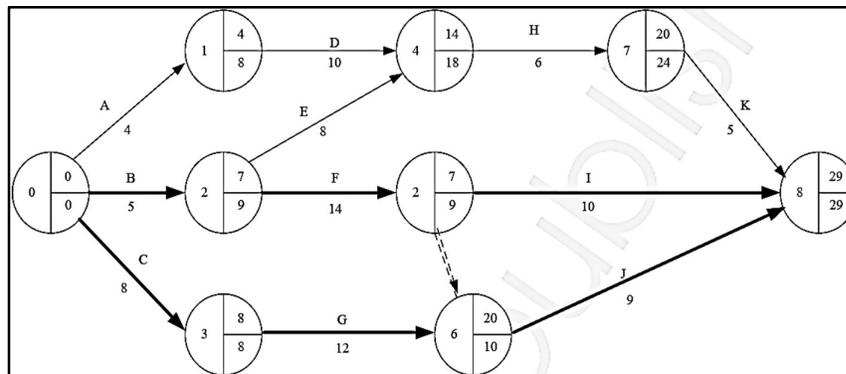
Penyusunan *Network Planning* dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

- a) Menginventarisasikan kegiatan-kegiatan yang terdapat didalam proyek serta logika ketergantungan antar satu kegiatan dengan kegiatan lainnya.
- b) Peninjauan unsur waktu. Dalam ini, waktu untuk menyelesaikan suatu kegiatan diperkirakan berdasarkan pengalaman, teori dan perhitungan. Kemudian dihitung waktu terjadinya tiap kejadian (*event*) dari awal sampai akhir proyek sesuai dengan *Network* yang telah dibuat.

Guna dari sebuah *Network Planning* adalah:

- (1) Dengan harus digambarkan logika ketergantungan setiap pekerjaan dalam sebuah jaringan, maka memaksa kita merencanakan sebuah proyek secara mendetail.
- (2) Dalam *Network Planning* ditunjukkan dengan jelas pekerjaan-pekerjaan yang waktunya penyelesaiannya kritis dan yang tidak, sehingga memungkinkan pengaturan pembagian usaha terhadap pekerjaan tersebut.
- (3) *Network Planning* memberikan bantuan yang berharga dalam berkomunikasi.
- (4) Memungkinkan dapat dicapainya pelaksanaan proyek yang lebih ekonomis dari sudut biaya langsung, ketidakraguan dalam penggunaan sumber-sumber daya dan lain-lain.

Pada Gambar 2.25 di bawah ini merupakan contoh dari metode *Network Planning Diagram*.



Gambar 2.25 Contoh Metode Net Work Planning Diagram

Sumber: (Rani, 2016)

Beberapa kelebihan dan kekurangan *Network Planning* adalah sebagai berikut:

(a) Kelebihannya:

1. Memberikan informasi yang jelas mengenai hubungan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain, terutama hubungan saling ketergantungan antar kegiatan dalam suatu proyek.
2. Memberikan informasi yang sangat jelas mengenai lintasan kritis, sehingga bila terjadi kekurangan sumber daya (tenaga kerja) pada kegiatan lintasan kritis dapat digunakan sumber daya dari kegiatan pada lintasan tidak kritis.
3. Dapat dilakukan percepatan penyelesaian proyek dengan mempercepat kegiatan-kegiatan pada lintasan kritis atau memadukannya dengan kegiatan pada lintasan kritis.

(b) Kelemahannya:

1. Tidak memberikan informasi mengenai persentase penyelesaian pekerjaan.
2. Pada kegiatan majemuk, seperti pekerjaan pemasangan pipa dalam tanah yang sangat panjang. Kegiatan-kegiatannya yang terdiri dari penggalian, pemasangan dan penimbunan harus dipecah-pecah ke dalam bagian-bagian yang lebih kecil agar kegiatan lain dapat dikerjakan bertingkat dengan kegiatan yang lebih kecil tadi. Bila dibuat *network planning*, maka *Network* yang dihasilkan cukup besar karena lingkaran kejadiannya yang cukup banyak, sehingga tidak efektif dibandingkan dengan *Bar Chart* dan *Linear Schedule Method* (LSM).

2.7.3 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) adalah sebuah metode teknik perencanaan, penjadwalan, serta pengendalian suatu proyek yang lebih menekankan pada biaya proyek, dalam metode ini dapat mendapatkan lintasan kritis yaitu lintasan yang menghubungkan kegiatan -kegiatan kritis (AL-bab et al, 2024).

Metode Jalur Kritis atau *Critical Path Method* (CPM) adalah sebuah metode algoritma penjadwalan untuk merencanakan dan mengawasi aktivitas proyek dalam manajemen proyek. Metode ini mulai di kembangkan oleh Morgan E Walker dan James E Kelly sekitar tahun 1950 an. Dalam metode CPM dititikberatkan pada adanya jalur kritis yang memiliki rangkaian komponen kegiatan dengan total waktu terlama dan menunjukkan tenggat waktu penyelesaian proyek tercepat.

Dalam metode CPM dikenal adanya jalur kritis yang mana jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis dari awal kegiatan proyek sampai pada kegiatan terakhir proyek (Mahyuddin et al, 2023).

Tujuan pemakaian *Critical Path Method* adalah sama dengan *Network planning* dalam penyelenggaraan proyek antara lain adalah agar proyek selesai pada saat yang telah ditentukan sesuai dengan *Network Diagram* yang telah tertera.

Critical Path Method (CPM) memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan tampilan grafis dan alur kegiatan sebuah proyek.
- b. Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek.
- c. Menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.

2.7.4 Linear Schedule Methode (LSM)

Linear Schedule Methode (LSM) adalah salah satu teknik penjadwalan yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan penjadwalan dan perencanaan proyek proyek dengan kegiatan-kegiatan yang bersifat linier dan repeatitif.

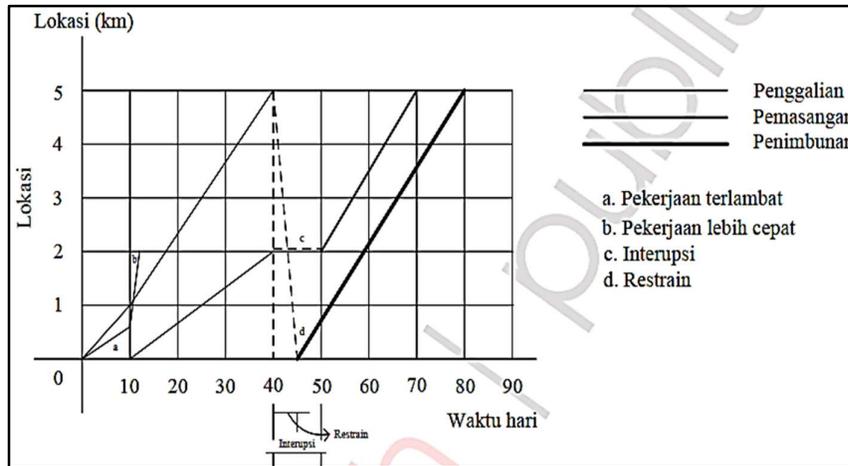
Pada *Linear Schedule Methode* (LSM), kelemahan-kelemahan pada *Bar Chart* dan *Net Work Planning* dapat diatasi, di pihak lain *Linear Schedule Methode* (LSM) cukup fleksibel dalam mengakomodasi berbagai situasi yang mungkin ditemui pada bagian bagian proyek yang bersifat linier dan repeatitif.

Bentuk dasar presentasi *Linear Schedule Methode* (LSM) adalah sebagai berikut:

- 1) Sumbu tegak pada gambar menggambarkan lokasi sepanjang suatu proyek atau juga kuantitas pekerjaan yang diselesaikan untuk pekerjaan-

pekerjaan repeatitif, sedangkan sumbu mendatar menggambarkan waktu pelaksanaan proyek.

- 2) Kegiatan-kegiatan digambarkan dalam bentuk garis-garis lurus diagonal.
- 3) Kecepatan kemajuan pekerjaan yang direncanakan diperlihatkan dengan mudah dan lokasi kegiatan yang sedang berlangsung diperlihatkan pada Gambar 2.26 dibawah ini.



Gambar 2.26 Contoh Kecepatan Kemajuan Pekerjaan Pada Metode LSM

Sumber: (Rani, 2016)

- 4) Selanjutnya, gambar lokasi diperlihatkan pada Gambar 2.27 dibawah ini.

I	II	III	IV
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
V	VI	VII	VIII
IX	X	XI	XII

Gambar 2.27 Contoh Gambar Lokasi Pada Metode LSM

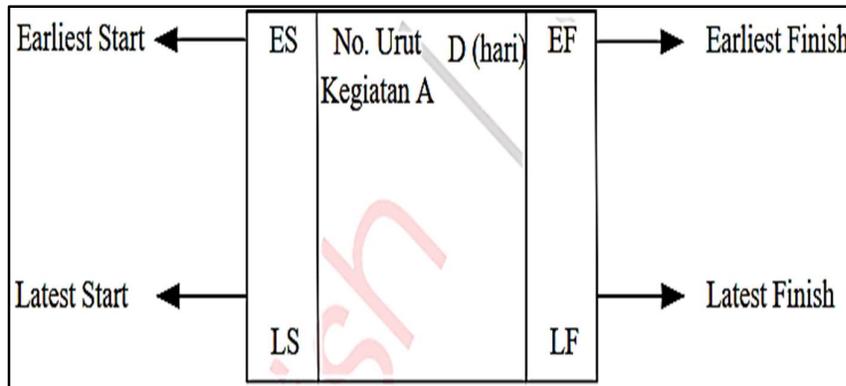
Sumber: (Rani, 2016)

2.7.5 Precedence Diagram Method (PDM)

Menurut Ervianto (2005), *Precedence Diagram Method* (PDM) menggambarkan sebuah kegiatan dalam bentuk lambang segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node sehingga sering disebut *Activity On Node* (AON).

Kelebihan dari metode PDM adalah tidak memerlukan kegiatan fiktif/dummy sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana dan Hubungan berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan (AL-bab et al, 2024).

Pada Gambar 2.28 dibawah ini contoh dari metode *Precedence Diagram Method* (PDM).



Gambar 2.28 Contoh Metode *Precedence Diagram Method* (PDM)

Sumber: (Rani, 2016)

Kelebihan pada metode *Precedence Diagram Method* (PDM), adalah:

- Penjadwalan proyek berupa diagram jaringan dengan hubungan ketergantungannya sangat jelas.
- Ditunjukkan dengan garis/anak panah.
- Digunakan untuk proyek yang mempunyai kegiatan tumpang tindih atau *overlapping*.
- Dapat menunjukkan hubungan logika ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain secara spesifik.
- Menunjukkan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga apabila terjadi keterlambatan proyek, prioritas pekerjaan proyek yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan.

Kekurangan pada metode *Precedence Diagram Method* (PDM), adalah:

- a) Belum dapat memperlihatkan perhitungan kecepatan produksi dan hambatan atau gangguan antar kegiatan.
- b) Kegiatan yang berulang akan dijumpai dengan penumpukan pekerjaan.
- c) Adanya percepatan waktu mulai item pekerjaan mendahului item pekerjaan sebelumnya.
- d) Adanya penambahan sumber daya manusia untuk mengerjakan item pekerjaan yang mulai dikerjakan sebelum pekerjaan yang mendahuluinya selesai.
- e) Tidak dapat mempertahankan kontinuitas tingkat produktifitas kegiatan berulang.

2.7.6 Project Evaluation and Review Technique (PERT)

Project Evaluation and Review Technique (PERT) merupakan teknik menilai dan meninjau kembali program yang dikembangkan oleh US Navy bekerjasama dengan Booz, Allen & Hamilton pada tahun 1958 (Maslina et al, 2023).

Project Evaluation and Review Technique (PERT) adalah metode yang ditemukan dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam proyek selain metode CPM. Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan.

Komponen pada jaringan PERT adalah sebagai berikut:

- a) Peristiwa (*event*) adalah tonggak (fisik atau mental) pelaksanaan kegiatan tertentu dalam rencana program, yang menandai mulai dan berakhirnya suatu kegiatan. Peristiwa tidak mengkonsumsi waktu ataupun sumber daya, dan biasanya ditunjukkan dengan tanda lingkaran.
- b) Kegiatan (*activity*) adalah suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Kegiatan memerlukan waktu dan sumber daya, dan ditunjukkan dengan tanda panah.

- c) Waktu kegiatan (*activity time*), dibagi dalam tiga estimasi waktu penyelesaian kegiatan:
- (1) Waktu optimis (t_a), waktu kegiatan bila semua berjalan baik tanpa hambatan atau penundaan-penundaan.
 - (2) waktu normal (t_m), waktu yang telah direncanakan dalam suatu kegiatan proyek.
 - (3) waktu pesimis (t_p), waktu kegiatan bila terjadi hambatan atau penundaan melebihi dari seharusnya.