

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam dunia konstruksi, desain struktur merupakan faktor penentu yang paling penting untuk menjamin kekuatan dan keamanan struktur bangunan, karena inti bangunan berada pada bangunan bertingkat yang sangat dipengaruhi oleh perencanaan yang matang. Selain itu, desain struktur juga harus mempertimbangkan nilai ekonomisnya. Proses desain yang sangat penting melibatkan penentuan dimensi penampang balok, kolom, dan elemen struktural lainnya.

Sebagai elemen struktur kolom, fungsi utamanya adalah memikul beban tekan aksial vertikal. Peran kolom adalah untuk membawa beban seluruh bangunan ke pondasi. Kolom merupakan struktur utama yang menopang berat bangunan dan beban lainnya seperti beban hidup (manusia dan barang) dan beban angin. Fungsi kolom sangat penting untuk mencegah bangunan dari keruntuhan. Beban yang besar juga membutuhkan struktur pendukung yang besar untuk menahan beban yang ada. Kolom yang cukup besar mempengaruhi ukuran ruang menyusut. Ini dapat mengganggu pengoperasian kamera. Pada saat yang sama, jika kolom terlalu kecil akan menambah ukuran ruangan, tetapi mungkin tidak cukup kuat untuk menahan beban yang ada.

Perkembangan teknologi konstruksi saat ini mengalami kemajuan pesat yang ditandai dengan hadirnya berbagai jenis material dan peralatan modern. Dalam perkembangan dunia konstruksi saat ini, banyak yang telah diinvestasikan dalam peningkatan kualitas dan kuantitas pekerjaan, serta manajemen struktur dan konstruksi. Setidaknya, upaya yang dilakukan adalah upaya untuk meningkatkan dan mencapai hasil kerja yang lebih baik. Saat melaksanakan proyek konstruksi, semakin besar proyek, semakin besar batasan untuk perusahaan konstruksi. Kontraktor dalam industri konstruksi selalu berusaha untuk melaksanakan proyek mereka tanpa mengorbankan efisiensi biaya dan waktu. Pemilihan metode sangat penting dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, karena dengan metode

pelaksanaan yang tepat dapat dicapai hasil yang maksimal terutama dari segi biaya dan waktu.

Keterlambatan dan kegagalan pelaksanaan suatu proyek selain dapat mengakibatkan kerugian sumber daya, perusahaan juga akan kehilangan waktu yang berarti terlepasnya peluang-peluang dan target yang dapat dicapai. Proyek konstruksi dilaksanakan dengan perencanaan yang sangat hati-hati dan terukur untuk menyelesaikan proyek tepat waktu. Namun, dalam proyek saat ini, tidak semua proyek yang dilaksanakan dapat mencapai hasil tertentu saat ini. Permasalahan yang sering terjadi adalah keterlambatan penyelesaian karena faktor asumsi, memaksa kontraktor untuk mempertimbangkan opsi lain untuk menyelesaikan proyek sesuai rencana.

Mengetahui kerugian akibat dari pelaksanaan kerja yang tidak teratur tersebut, di perlukan pembuatan dan perencanaan jaringan kerja (*network planning*). Jaringan kerja ini berisikan urutan-urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan di lapangan yang memungkinkan pelaksanaan proyek melaksanakan pekerjaan sesuai dengan urutan yang telah di rencanakan. selain memperhatikan tahap-tahap pekerjaan kita juga harus memperhitungkan waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian kegiatan dalam suatu proyek. Waktu pelaksanaan selama penyelenggaraan proyek memiliki sifat ketidakpastian. Dengan perencanaan jaringan kerja yang matang, diharapkan dapat menekan tingkat ketidakpastian tersebut. langkah pertama dalam penyusunan jaringan kerja adalah mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan atau memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.

Proses mengkaji dan mengidentifikasi untuk jaringan kerja ada 3 macam yaitu, CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*), PDM (*Precedence Diagram Method*). Secara garis besar, CPM didasarkan atas perancangan pada jalur kritis sebagai penentu waktu yang di perlukan untuk penyelesaian suatu proyek. Prinsip pada metode CPM adalah *finish to start*, yaitu memulai aktifitas berikutnya tergantung dari selesainya aktifitas sebelumnya. Hal tersebut merupakan kaidah dasar dari perancangan jaringan kerja dengan metode CPM.

Maka dari itu, dalam penelitian Tugas akhir ini penulis mencoba menganalisis perbandingan metode pelaksanaan struktur kolom beton dan struktur kolom baja ditinjau dari waktu dan biaya melalui proses pengkajian dan identifikasi dengan metode CPM yang meliputi penentuan jadwal yang paling ekonomis, sehingga dapat menekan pengeluaran biaya pelaksanaan proyek.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam Penelitian ini, rumusan masalah yang harus dilakukan yaitu Menganalisis perbandingan metode pelaksanaan struktur kolom beton dan struktur kolom baja ditinjau dari waktu dan biaya pada pembangunan Gedung Inkulturatif GBKP Bukit.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Untuk membatasi lingkup permasalahan dan mempermudah pembahasan dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penulis membatasi dalam menjelaskan pengendalian mutu yang digunakan pada pekerjaan struktur kolom
2. Penulis membatasi dalam menjelaskan metode pelaksanaan pekerjaan Arsitektur & MEP
3. Tidak menjelaskan keseluruhan manajemen waktu proyek
4. Analisis biaya tidak termasuk biaya perawatan setelah Pembangunan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Memperoleh perbandingan perhitungan waktu pelaksanaan pekerjaan struktur kolom beton dan struktur kolom baja pada Pembangunan Inkulturatif GBKP Bukit dengan metode *CPM (Crithical Path Method)*
2. Memperoleh perbandingan perhitungan biaya pekerjaan struktur kolom beton dan struktur kolom baja pada Pembangunan Inkulturatif GBKP Bukit.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa manfaat yang diperoleh. Diantaranya sebagai berikut :

1. Sarana pembelajaran bagi penulis dan pembaca nantinya untuk menambah pengetahuan tentang penerapan metode CPM pada penjabwalan Proyek
2. Mengetahui Perbandingan waktu antara struktur kolom beton dan struktur kolom baja
3. Mengetahui Perbandingan biaya antara struktur kolom beton dan struktur kolom baja
4. Dapat menambah pemahaman ilmu manajemen konstruksi, metode pelaksanaan serta mengetahui perhitungan biaya pekerjaan

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memperjelas tahapan yang harus dilakukan didalam penelitian ini, maka penulisan tugas akhir ini dikelompokkan kedalam 5 (lima) bab dengan sistematika penulisan.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAU PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang Teori yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi dan Teori yang berhubungan dengan cara mengatasi masalah.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang Diagram alir penelitian Waktu penyelesaian penelitian Biaya penyelesaian penelitian.

### **BAB IV ANALISA DATA**

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data, penyajian, data dan hasil data.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran menjadi usulan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Landasan Teori**

#### **2.1.1 Pengertian Kolom**

Kolom merupakan salah satu elemen penting dalam memikul beban luar yang menimbulkan gaya aksial, momen lentur, serta gaya geser ketinggiannya. Pada umumnya, kolom tidak mengalami lentur secara langsung karena tidak terdapatnya beban tegak lurus terhadap sumbu kolom sehingga kolom hanya mengalami gaya tekan saja. Untuk memperlakukan elemen tekan diharapkan masih dapat mempertahankan bentuk liniernya pada saat dibebani dengan beban yang kecil sekalipun beban tersebut mengalami penambahan. Secara struktur kolom menerima beban vertikal yang besar, selain itu harus mampu menahan beban-beban horizontal bahkan momen atau puntir/torsi akibat pengaruh terjadinya eksentrisitas pembebanan. Hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi kolom perencanaan, mutu beton, dan baja tulangan yang digunakan dan eksentrisitas pembebanan yang terjadi.

Prinsip-prinsip dasar yang dipakai untuk analisa kolom pada dasarnya sama dengan balok yaitu:

- Distribusi tegangan adalah linier diseluruh tinggi penampang kolom
- Regangan pada baja sama dengan regangan beton yang menyelimutinya.
- Regangan tekan beton dalam kondisi batas adalah 0,003 mm/mm
- Kekuatan tarik beton diabaikan dalam perhitungan kekuatan

#### **2.1.2 Fungsi Kolom**

Merujuk SK SNI T-15-1991-03, fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Beban sebuah bangunan yang dimulai dari atap akan diterima oleh kolom. Seluruh beban yang diterima oleh kolom kemudian didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

Dengan begitu, kolom pada sebuah bangunan memiliki fungsi yang sangat vital. Jika melihat penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kolom termasuk struktur utama bangunan untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), maupun beban hembusan angin.

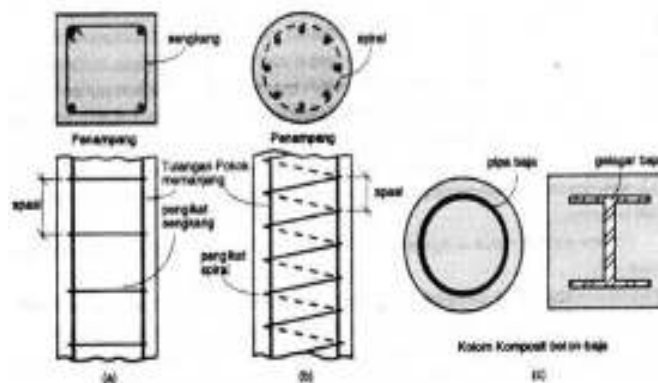
Keruntuhan dan kegagalan struktur pada kolom menjadi titik kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya bangunan. Untuk itu, peran penyedia jasa desain struktur bangunan profesional sangat dibutuhkan untuk memastikan perencanaan dan pelaksanaan proyek bangunan dapat berjalan memenuhi standar.

### 2.1.3 Jenis Kolom

Jenis-jenis kolom diklasifikasikan dalam bentuk kolom dan susunan penulangan, cara pembebasan, posisi beban pada penampang dan Panjang kolom. Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986), jenis-jenis kolom ada tiga :

1. Kolom ikat (tie column)
2. Kolom spiral (spiral column)
3. Kolom komposit (composite column)

Masing-masing jenis kolom yang telah disebutkan diatas digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Kolom

(Sumber : Wang(1986) dan Ferguson (1986))

Menurut sumber lain pada buku struktur beton bertulang (Dipohusodo, 1994) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu:

1. Kolom menggunakan pengikat Sengkang lateral

Jenis pada kolom ini adalah kolom beton yang memiliki besi tulangan pokok memanjang dan memiliki besi pengikat (sengkang) arah lateral sepanjang kolom dengan spasi tertentu.

2. Kolom menggunakan pengikat *spiral*

Kolom dengan pengikat spiral memiliki besi tulangan pokok memanjang yang dililitkan keliling membentuk heliks di sepanjang kolom. Fungsi dari pengikat spiral dapat memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar saat kondisi bangunan sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah redistribusi momen dan tegangan pada seluruh struktur sebelum kondisi runtuh.

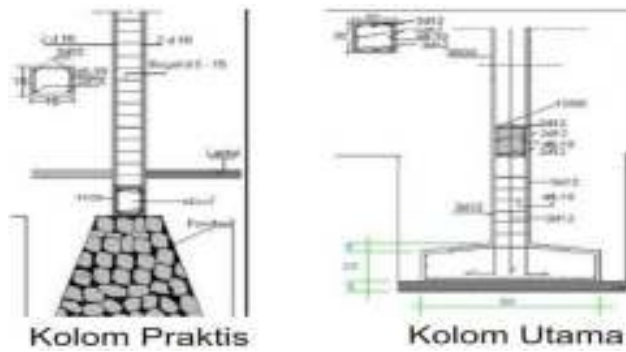
3. Struktur kolom komposit

Struktur kolom komposit merupakan komponen struktur tekan arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi besi tulangan pokok memanjang.

Kolom bersengkang merupakan jenis kolom yang paling banyak digunakan karena pengerjaan yang mudah dan murah dalam pembuatannya. Walaupun demikian kolom segi empat maupun kolom bundar dengan penulangan spiral kadang-kadang digunakan juga, terutama untuk kolom yang memerlukan daktilitas cukup tinggi untuk daerah rawan gempa.

Selain dari macam pengikat kolom, pada bangunan gedung memiliki bentuk kolom yang berbeda. Bentuk kolom dibagi menjadi dua jenis yaitu kolom utama dan kolom praktis yang digambarkan pada Gambar 2.2





Gambar 2.2 Kolom Praktis dan Kolom Utama

(Sumber: Pengertian Kolom dan Jenis-jenis Kolom pada Bangunan - Arsitur Studio)

a. Kolom Utama

Kolom utama pada struktur bangunan gedung adalah kolom utama yang memiliki fungsi untuk menyanggah beban aksial utama dan diteruskan ke fondasi. Pada SNI 2847:2013 syarat kolom harus dirancah untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau.

b. Kolom Praktis

Kolom praktis adalah kolom yang berada antar dinding untuk membantu fungsi kolom utama. Menurut SNI 03-2834-1992 kolom praktis yang terbuat dari beton bertulang berukuran 15 cm x 20 cm dengan tulangan utama minimal  $\varnothing$  12 mm, sengkang  $\varnothing$  8 mm dengan jarak 10 cm yang berfungsi sebagai pengaku dinding pasangan.

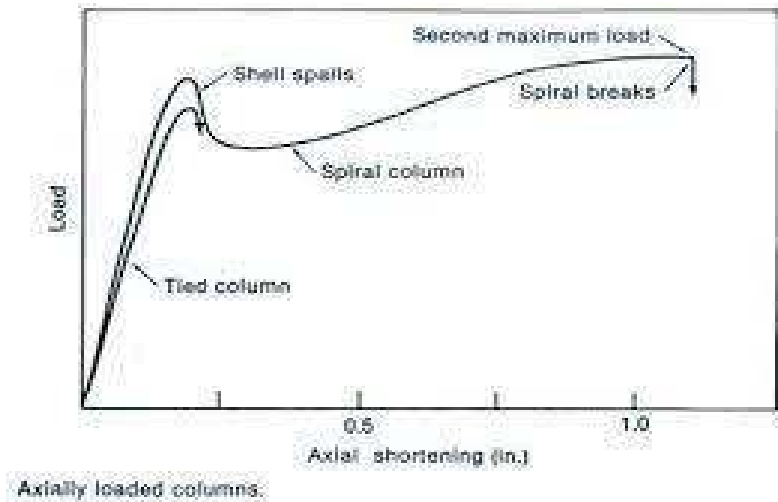
#### **2.1.4 Perilaku Kolom**

Kolom memikul kombinasi beban aksial ultimit dan momen ultimit secara bersamaan. Akibat dari kondisi tersebut, kolom harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih dari beban yang diberikan. Sehingga, kolom harus direncanakan sesuai dengan beban dan momen yang diterima kolom serta mengacu pada peraturan yang ada. Menurut Bustamy (2011) dalam penelitiannya mengenai kapasitas lentur dan daktilitas dalam menahan beban lateral pada berbagai bentuk kolom mendapatkan bahwa kolom dengan sengkang lingkaran memiliki kinerja terbaik dalam menahan beban dan daktilitas dibandingkan dengan sengkang persegi. Krisnamurti (2013) juga mengatakan dalam penelitiannya mengenai pengaruh variasi bentuk penampang kolom terhadap perilaku elemen struktur akibat beban gempa mendapatkan bahwa kapasitas kolom lingkaran dalam menerima beban aksial lebih besar daripada kolom persegi dan persegi panjang.

Pada kolom persegi, tulangan sengkang persegi memiliki spasi antar tulangan sebagai dukungan dari tulangan utama longitudinal. Saat kolom diberi beban sampai runtuh, beton di luar sengkang akan hancur terlebih dahulu. Kolom dengan sengkang persegi akan hancur secara tiba-tiba jika diberi beban sampai runtuh yang menjadikan tulangan utama longitudinal akan mengalami pembengkokan, kemudian tulangan sengkang akan bengkok keluar karena beton pada kolom mengalami ekspansi sampai kolom hancur.

Pada kolom bulat, tulangan sengkang berbentuk spiral menerus sebagai dukungan pada tulangan utama longitudinal. Saat kolom diberi beban aksial sampai runtuh, beton luar akan hancur terlebih dahulu. Penggunaan tulangan spiral pada kolom bulat mengakibatkan kolom hancur secara perlahan karena setelah beton luar hancur, kolom inti dapat ditahan oleh tulangan spiral, yang selanjutnya kolom akan berdeformasi lebih lanjut sampai tulangan utama bengkok dan runtuh.

Penggambaran perilaku kolom terhadap bentuk tulangan digambarkan pada kurva keruntuhan kolom persegi dan spiral pada Gambar 2.3



Gambar 2.2 Kurva Keruntuhan Kolom Persegi dan Spiral

(Sumber: *Bahan Ajar Struktur Beton II (Aminullah, 2015)*)

#### 2.1.4.1 Perilaku Kolom dengan Beban Aksial

Apabila beban tekan aksial tekan dibiarkan pada suatu kolom pendek beton bertulang, beton akan berperilaku elastis hingga batas tegangan mencapai sekitar  $1/3f_c$ . Apabila beban pada kolom ditingkatkan hingga mencapai batas ultimit, beton akan mencapai kekuatannya maksimumnya dan tulangan baja akan mencapai kuat luluhnya,  $f_y$ .

Kolom dengan sengkang persegi dan sengkang spiral menunjukkan perilaku yang sedikit berbeda pada saat keruntuhan. Pada kolom dengan sengkang persegi, pada saat beban ultimit tercapai selimut beton akan pecah dan mengelupas. Peristiwa ini akan segera diikuti dengan tertekuknya tulangan memanjang ke arah luar dari penampang kolom, apabila tidak disediakan tulangan sengkang dalam jarak yang cukup rapat. Saat terjadi keruntuhan pada kolom dengan sengkang persegi, bagian pada inti beton hancur setelah beban ultimit tercapai. Keruntuhan ini bersifat getas dan terjadi secara tiba-tiba, dan lebih sering terjadi pada struktur yang menerima beban gempa, tanpa detailing yang memadai.

Perilaku duktail akan ditunjukkan oleh kolom yang diberi tulangan sengkang spiral. Pada saat beban ultimit tercapai, maka selimut beton pun akan terkelupas dan pecah, namun inti beton akan tetap berdiri. Apabila jarak lilitan

dibuat cukup rapat, maka kolom ini masih akan mampu memikul beban tambahan yang cukup besar di atas beban yang menimbulkan pecah pada selimut beton.

Tulangan spiral dengan jarak yang cukup rapat, bersama dengan tulangan memanjang akan membentuk semacam sangkar yang cukup efektif membungkus isi beton. Pecahnya selimut beton pada kolom dengan sengkang spiral ini dapat menjadi tanda awal bahwa keruntuhan akan terjadi bila beban terus ditingkatkan.

#### **2.1.4.2 Persyaratan Peraturan SNI 2847:2013 untuk Kolom**

Peraturan SNI 2847:2013 memberikan banyak batasan untuk dimensi, tulangan, kekangan lateral dan beberapa hal lain yang berhubungan dengan kolom beton. Beberapa persyaratan tersebut dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Pasal 9.3.2.2, memberikan batasan untuk faktor reduksi kekuatan,, yaitu sebesar 0,65 untuk sengkang persegi dan 0,75 untuk sengkang spiral.
2. Pasal 10.9.1, mensyaratkan bahwa persentase minimum tulangan memanjang adalah 1%, dengan nilai maksimum 8%, terhadap luas total penampang kolom. Biasanya dalam perencanaan aktual, sangat jarang tulangan kolom diambil melebihi 4% dari luas penampang.
3. Pasal 10.9.2, menyatakan bahwa minimal harus dipasang empat buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang persegi atau lingkaran, minimal tiga buah untuk kolom berbentuk segitiga, serta minimal enam buah untuk kolom dengan sengkang spiral.
4. Pasal 7.10.4, sengkang spiral harus memiliki diameter minimum 0 mm dan jarak bersihnya tidak lebih dari 75mm, namun tidak kurang dari 25 mm.
5. Pasal 7.10.5.1, tulangan sengkang harus memiliki diameter minimum 10 mm untuk mengikat tulangan memanjang dengan diameter 32 mm atau kurang, sedangkan untuk tulangan memanjang dengan diameter di atas 32 mm harus diikat dengan sengkang berdiameter minimum 13 mm.
6. Pasal 7.10.5.2, jarak vertikal sengkang atau sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan memanjang, 48 kali diameter sengkang/sengkang ikat, atau dimensi terkecil dari penampang kolom.

### **2.1.4.3 Kombinasi Beban Aksial dan Momen Lentur**

Kolom dengan beban aksial murni sangat jarang dijumpai pada struktur bangunan gedung beton bertulang. Pada umumnya selain beban aksial tekan, kolom pada saat yang bersamaan juga memikul momen lentur. Momen lentur dapat timbul pada elemen kolom yang merupakan bagian dari portal gedung, karena harus memikul momen lentur yang berasal dari balok, atau juga momen lentur yang timbul akibat gaya-gaya lateral seperti angin atau gempa bumi. Disamping itu ketidaksempurnaan pelaksanaan pada masa konstruksi juga akan menimbulkan eksentrisitas pada kolom, yang akhirnya akan menimbulkan momen lentur juga. Karena alasan-alasan inilah maka dalam proses desain elemen kolom, harus diperhitungkan beban aksial dan momen lentur.

### **2.1.5 Beton**

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat lainnya yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. Seperti substansi-substansi mirip batuan lainnya beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang sangat rendah.

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja tulangan yang berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki beton biasa.

Pengetahuan yang mendalam tentang sifat-sifat beton bertulang sangat penting sebelum mendesain struktur beton bertulang. Sifat-sifat beton dapat diketahui dengan cara pengujian tekan beton. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pada umur 28 hari dengan tingkat pembebanan tertentu. Selama 28 hari silinder beton ini biasanya diletakkan dalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap. Kebanyakan beton memiliki kekuatan pada kisaran 20 Mpa hingga 48 Mpa. Untuk aplikasi yang umum, digunakan beton dengan kekuatan 20 Mpa dan 25 Mpa. Untuk konstruksi beton prategang 35 Mpa dan 40 Mpa. Untuk beberapa aplikasi tertentu, seperti untuk kolom pada lantai-lantai bawah suatu bangunan tinggi, beton

dengan kekuatan 60 Mpa telah digunakan dan dapat disediakan oleh perusahaan pembuat beton siap pakai (ready mix concrete).

Nilai-nilai kuat tekan beton seperti yang diperoleh dari hasil pengujian sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk dari elemen uji dan bentuk pembebanannya. Spesimen uji yang biasa digunakan adalah kubus berisi 200 mm. Untuk beton uji yang sama, pengujian terhadap silinder 150 mm x 300 mm menghasilkan kuat tekan yang besarnya hanya sekitar 80 % nilai yang diperoleh dari pengujian beton uji kubus.

Untuk mendapatkan kekuatan beton diatas 35-40 Mpa diperlukan desain campuran beton yang sangat teliti dan perhatian penuh kepada detail-detail seperti pencampuran, penempatan dan perawatan.

Beton memiliki beberapa kelebihan yang menjadikannya populer digunakan seperti (Gu, Jin, & Zhou, 2016):

1. Durabilitas, kekuatan beton bertambah seiring waktu. Selimut beton yang cukup tebal bisa memproteksi tulangan baja dari korosi, sehingga tidak perlu perawatan berkala pada struktur beton. Meskipun berada di lingkungan yang kondisi parah, seperti terpapar dengan gas agresif atau terendam air laut, komponen beton tetap dapat bekerja sebagaimana fungsinya apabila mereka didesain dan didetail dengan baik. Tahan terhadap kebakaran, struktur beton dapat bertahan tanpa mengalami pengurangan kekuatan baja tulangan yang mengakibatkan kegagalan struktur selama 1 sampai 3 jam kebakaran. Ketahanan terhadap kebakaran pada struktur beton lebih baik daripada struktur baja dan kayu.
2. Integritas, komponen struktur beton yang di cor di tempat dapat terkoneksi dengan baik dalam menahan beban dinamik seperti angin yang kuat, gempa, ledakan, dan beban impak lain
3. Kemampuan mudah dibentuk, struktur beton dapat di cetak berdasarkan permintaan desain dalam berbagai jenis bentuk, seperti balok lengkung, pelengkung, dan kubah.
4. Ketersediaan bahan, bahan pembuatan beton yang digunakan dalam jumlah yang banyak, seperti pasir dan kerikil gampang didapatkan di pasar lokal, dan

limbah industri (seperti fly ash, dan blast furnace slag) dapat di daur ulang dengan dicampur kedalam beton ketika produksi sebagai pengganti agregat.

5. Ekonomis, struktur beton kebanyakan menggunakan beton daripada baja tulangan dalam menahan tekan, dimana tidak hanya memanfaatkan kedua jenis bahan, tetapi juga menghemat banyak tulangan baja.

Selain beberapa kelebihan, beton juga memiliki kekurangan seperti (Gu, Jin, & Zhou, 2016):

1. Daya tarik yang rendah, kekuatan tarik beton sangat rendah dibanding kekuatan tekannya, yaitu perbandingan sekitar 1/10. Oleh karena itu, beton akan retak ketika mengalami tegangan tarik. Dalam penggunaan struktural, retakan dapat diatasi dengan penggunaan baja tulangan untuk menahan tegangan tarik dan membatasi lebar retakan kedalam batasan yang dapat diterima.
2. Cetakan dan penopang, pada konstruksi struktur beton yang cetak ditempat memerlukan 3 langkah yang tidak ditemukan dalam konstruksi struktur baja dan kayu. Langkah tersebut yaitu konstruksi cetakan, pelepasan cetakan dan penopang untuk beton segar sebelum beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beratnya sendiri.
3. Relatif rendah kekuatan per unit berat atau volume, kuat tekan beton sekitar 10 persen dari baja, sedangkan beratnya sekitar 30 persen dari baja. Akibatnya struktur beton memerlukan volume yang banyak dan lebih berat daripada struktur baja.

#### **2.1.5.1 Kolom Beton Bertulang**

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan collapse (runtuhnya) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh batas total (ultimate total collapse) seluruh strukturnya.

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

### **2.1.6 Baja**

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat-sifatnya yang terutama adalah kekuatannya yang tinggi dan sifat keliatannya. Keliatan (ductility) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan (Bowles, 1985).

Struktur baja dibagi atas tiga kategori umum: (a) struktur rangka (*frame structure*), yang elemennya bisa terdiri dari batang tarik; kolom, balok, dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial; (b) struktur selaput (*sheel*), yang tegangan aksialnya dominan; dan (c) struktur gantung (*suspension*), yang sistem pendukung utamanya mengalami tarikan aksial yang dominan (Salmon, 1986)

Baja konstruksi adalah alloy steel (baja paduan), yang pada umumnya mengandung lebih dari 98% besi dan biasanya kurang dari 1% karbon. Sekalipun komposisi actual kimiawi sangat bervariasi untuk sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatannya dan tahanannya terhadap korosi, baja dapat juga mengandung elemen paduan lainnya, seperti silicon, magnesium, sulfur, fosfor, tembaga, krom dan nikel, dalam berbagai jumlah (Spiegel, 1991)

Baja bukanlah sebuah bahan yang mudah terbakar, tetapi kekuatan baja sangat tergantung pada temperature. Kuat luluh dan kuat tarik pada 1000° F keduanya kira-kira 60 sampai 70 persen dari kuat luluh dan kuat tarik pada suhu kamar (kira-kira 70°F) (Bowles, 1985).

Kelakuan tegangan regangan diperlihatkan pada gambar 2.4 dan merupakan idealisasi yang dapat diterima bagi baja structural dengan tegangan leleh  $F_y$  sekitar 65 ksi (448 Mpa), maupun yang lebih kecil (Salmon, 1986).



Penggunaan baja dimulai sekitar tahun 4000 SM. Baja biasanya digunakan untuk membuat peralatan sederhana. Baja dibuat dalam bentuk besi tempa, yang diperoleh melalui cara memanaskan bijih besi dengan menggunakan arang. Pada akhir abad ke-18 dan awal abad ke-19, penggunaan besi tuang dan besi tempa telah banyak diaplikasikan untuk pembuatan berbagai jenis struktur jembatan (Segui, 2013).

Baja memiliki kelebihan sebagai material stuktur yang baik, yaitu (McCormac, & Csernak, 2012):

1. Kekuatan tinggi, kekuatan baja yang tinggi per berat jenis membuat berat dari struktur menjadi kecil, sehingga pondasi yang dibutuhkan juga kecil.
2. Keseragaman, sifat baja tidak berubah terhadap waktu.
3. Elastisitas, baja berperilaku lebih mendekati asumsi desain daripada material lain karena mengikuti hukum hooke sehingga memiliki tegangan yang sangat tinggi.
4. Permanen, rangka baja yang dirawat dengan baik dapat bertahan sangat lama.
5. Daktilitas, merupakan sifat dari material yang bisa mengalami deformasi yang cukup besar tanpa kegagalan pada tegangan yang tinggi. Baja terbukti memiliki daktilitas yang tinggi pada percobaan uji tarik komponen baja, penampang baja mengecil dan elongasi yang cukup besar ketika terjadi kegagalan sebelum putus. Kelebihan dari struktur yang memiliki daktilitas yaitu ketika beban yang diberikan melebihi kapasitas dari komponen struktur tersebut, maka komponen tersebut akan mengalami deformasi yang besar dan memberikan warning yang disebut *impending failure*.
6. Penambahan pada struktur eksisting, struktur baja sangat memungkinkan untuk dilakukan penambahan dan modifikasi seperti penambahan *bay* portal dan penambahan sayap pada bangunan industri.
7. Lainnya, beberapa keunggulan struktur baja antara lain: kemampuan disambung dengan beberapa peralatan sambungan sederhana, kecepatan ereksi, kemampuan untuk digilas menjadi berbagai macam bentuk dan ukuran, kemungkinan dipakai kembali setelah struktur dilepas, besi tua

atau sampah masih bernilai walaupun sudah tidak dapat digunakan lagi dalam bentuk sebelumnya, dan merupakan material yang dapat di daur ulang.

Baja memiliki beberapa kelemahan, seperti (McCormac, & Csernak, 2012):

1. Korosi, baja rentan terhadap korosi jika berada di lingkungan yang terkena kontak udara dan air. Untuk itu, perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala seperti pengecatan untuk mencegah korosi.
2. *Fireproofing cost*, meskipun baja tidak terbakar, tetapi kekuatannya cenderung tereduksi saat mencapai batas temperaturnya ketika kebakaran. Baja merupakan konduktor panas yang baik, tetapi baja tidak kedap api sehingga akan mentransfer panas dari area yang terbakar ke material sekitar yang bisa terbakar. Karena itu, maka rangka baja diperlukan proteksi dengan material yang memiliki karakteristik insulasi.
3. Rentan terhadap tekuk, seiring panjang dan kelangsingan pada baja yang bertambah, maka bahaya terhadap tekuk juga bertambah. Kebanyakan struktur menggunakan kolom baja dengan sangat ekonomis, karena rasio kekuatan terhadap berat sangat tinggi. Terkadang, beberapa penambahan untuk pengaku dibutuhkan supaya tidak terjadi tekuk yang cenderung mereduksi keekonomisannya.

#### **2.1.6.1 Kolom Baja**

Kolom baja adalah struktur vertikal yang dipatenkan untuk memikul beban dari bagian balok. Bagian ini menjadi vital dari kekuatan bangunan. Dalam pembangunan rumah, struktur kolom baja menjadi sistem konstruksi yang dipatenkan dan dapat memberikan keuntungan yakni membuat kustom pada area atau sudut yang sulit dijangkau. Struktur kolom yang sempurna adalah kolom yang terbuat dari bahan dengan karakter isotropis, bebas dari tegangan-tegangan sampingan, dapat dibebani pada pusatnya, dan mempunyai bentuk yang lurus. Nantinya, kolom baja di bagian vertikal akan digabungkan dengan balok baja sebagai rangka horisontalnya. Kombinasi dari kedua rangka ini dapat dipakai untuk membuat bangunan bertingkat. Nantinya, balok baja akan menjadi dudukan dari

panel lantai yang dipasang di lantai dua. Pembuatan bangunan berlantai dua umumnya akan menggunakan struktur cor konvensional. Dibandingkan dengan bangunan dengan struktur cor, mengaplikasikan struktur kolom baja dan balok baja akan menghemat waktu konstruksi bangunan bertingkat.

#### 1. Jenis Profil Baja yang sering dipakai

##### a. *Wide Flange* (WF)

Penggunaan profil yang satu ini cukup beragam. *Wide flange* dapat digunakan sebagai kantilever kanopi, tiang pancang balok, kolom, *composite beam* atau *column*, dan *top bottom chord member* pada truss.

##### b. Baja UNP (kanal U)

Baja UNP juga cukup multi fungsi. Hampir semua bagian struktur bangunan bisa menggunakan baja yang satu ini. Namun, ia tidak bisa dipakai untuk menjadi bagian kolom karena materialnya cenderung untuk mudah mengalami tekukan.

##### c. *Lipped Channel* (CNP)

Baja *lipped channel* sering kali dipakai sebagai balok dudukan penutup atap (*purlin*), elemen yang memegang penutup dinding (*girts*), rangka komponen bangunan, serta member pada truss.

##### d. *H Beam*

Baja *H beam* kerap dipakai sebagai balok, tiang pancang, *top bottom chord* di bagian truss, kantilever kanopi dan *composite beam*. Profil ini juga bisa digunakan sebagai struktur kolom.

##### e. *Steel Pipe*

Profil baja yang satu ini umum diaplikasikan sebagai bracing (vertikal, horizontal), kolom arsitektural, support komponen arsitektural, dan *secondary beam*.

#### 2. Cara kerja Kolom Baja

Struktur bangunan harus dapat menerima beban aksial baik dalam bentuk tarik maupun tekan. Selain itu, struktur harus memiliki momen lentur. Kedua fungsi tersebut akan membuat bangunan menjadi lebih kokoh. Ketika ingin membuat struktur bangunan dengan gaya aksial yang bekerja lebih

kecil dibandingkan dengan momen lentur, maka struktur yang cocok untuk diaplikasikan adalah struktur balok lentur. Sementara itu, apabila struktur bangunan yang diperlukan adalah komponen-komponen yang mampu memikul beban aksial namun masih memiliki fungsi momen lentur, maka struktur yang cocok diaplikasikan adalah balok – kolom baja. Nantinya, bagian-bagian balok akan yang terangkai akan dibebankan pada struktur kolom baja. Struktur kolom memindahkan beban-beban tersebut ke bagian pondasi dasar bangunan. Beban-beban yang ditransfer pada kolom merupakan beban gaya aksial dan momen lentur dari bangunan.

### **2.1.7 Pengertian Metode Pelaksanaan**

Metode pelaksanaan Pekerjaan struktur merupakan tahapan yang menentukan keberhasilan suatu Proyek konstruksi, sehingga aspek dan non teknis pelaksanaan sangat berperan, seperti rencana kerja, teknis pelaksanaan, metode pelaksanaan, tenaga kerja, serta material konstruksi dan alat konstruksi yang digunakan. Metode Pelaksanaan pekerjaan meliputi pekerjaan Pondasi, *Tie Beam*, pekerjaan Kolom, pekerjaan Balok, Plat Lantai, dan *Shearwell* serta Tangga.

## **2.2 Metode Pelaksanaan Kolom**

Struktur kolom merupakan elemen yang sangat penting pada konstruksi, kolom adalah struktur yang menahan gaya aksial dan momen lentur yang berfungsi sebagai penerus beban bangunan dari balok menyalurkan kedalam tanah melalui pondasi bangunan. Kolom yang digunakan pada proyek pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit adalah kolom bulat (*spiral*).

Kegagalan struktur kolom sangat berakibat fatal dalam sebuah bangunan yang dapat mengakibatkan runtuhnya struktur lain yang saling berhubungan. Dengan demikian, dalam merencanakan struktur kolom harus dilakukan penelitian terhadap tanah dan beban bangunan baik beban mati maupun beban hidup dengan memberikan cadangan kekuatan pada bangunan. Tugas kolom bukan hanya menahan beban aksial melainkan juga menahan beban terhadap momen dan hal hal yang timbul dari luar bangunan.

Prinsip dan syarat perancangan kolom menurut SNI-03-2874-2002 ada beberapa persyaratan terhadap perhitungan kolom. Dasar dasar perhitungan kolom sebagai berikut: kuat keperluan, kuat perancangan. Didalam merancang sebuah

kolom sebuah bangunan harus diperhatikan beberapa hal berikut: tinggi bentang kolom, jarak antar kolom, besar beban yang di terima oleh kolom.

### **2.2.1 Metode Pelaksanaan Kolom Beton**

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996). Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi.

Pekerjaan kolom melibatkan beberapa kegiatan antara lain adalah penentuan as kolom, penulangan kolom, pembuatan bekisting kolom, pemasangan bekisting kolom, pengecoran kolom dan pembongkaran bekisting kolom.

Langkah teknis pada pekerjaan kolom adalah sebagai berikut:

a. Pekerjaan Pengukuran Marking.

Pekerjaan Marking merupakan pekerjaan penentuan titik-titik as kolom yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pematokan di lapangan. Penentuan as kolom ini dilakukan dengan menggunakan alat theodolite. Untuk pengukuran di perlukan juru ukur (surveyor) yang berpengalaman. Pekerjaan ini bertujuan untuk menentukan posisi kolom agar sesuai dengan gambar dan agar kolom tetap lurus dari lantai pertama sampai lantai terakhir.

b. Pekerjaan Penulangan

Pada penulangan utama kolom pekerjaan pemasangan pembesian kolom pada lantai pertama dipasang dengan menghubungkan pada pondasi sedangkan untuk lantai di atasnya disambungkan dengan besi kolom dibawahnya. Langkah – langkah dalam pekerjaan penulangan kolom adlah sebagai berikut :

1. Pengukuran serta pemotongan tulangan utama dan Sengkang berdasarkan perencanaan
2. Merakit tulangan utama dan sengkang kolom. Sebelum pemasangan sengkang terlebih dahulu dibuat tanda pada tulangan utama .

3. Setelah sengkang dipasang, setiap pertemuan antara tulangan utama dan sengkang diikat oleh kawat dengan sistem silang.
4. Setelah besi terpasang pada posisinya dan cukup kaku, lalu dipasang beton deking sesuai ketentuan. Beton deking ini berfungsi sebagai selimut beton.

c. Pekerjaan Bekisting

Bekisting kolom adalah alat bantu sementara yang berfungsi untuk membentuk beton pada saat pengecoran kolom dilaksanakan, sehingga diperoleh bentuk beton sesuai dengan perencanaan. Pekerjaan pemasangan bekisting dilakukan setelah pembesian dilaksanakan dan beton decking telah dipasang. Beton decking dipasang dengan mengebor pelat lantai dan kemudian dipasang potongan besi pada lubang bor tersebut. Sepatu kolom berguna untuk menahan bekisting kolom agar tetap sesuai dengan marking kolom. Sama halnya dengan pembesian kolom, bekisting juga sudah dirangkai ditempat fabrikasi bekisting. Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam pekerjaan bekisting kolom adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan area kolom dan marking posisi bekisting kolom.
2. Pasang beton decking pada tulangan utama atau tulangan sengkang.
3. Bekisting yang digunakan merupakan bekisting yang sudah dirangkai ditempat fabrikasi bekisting.
4. Bekisting yang sudah dirangkai ditempatkan pada tulangan kolom yang akan dicor.
5. Setelah bekisting terpasang pada tulangan kolom , bekisting dikunci dengan sabuk pengunci.
6. Untuk menjaga ketegakan dan kelurusan pada bekisting maka digunakan unting–unting.
7. Setelah bekisting dirasa tegak dan lurus maka pengecoran dapat dilakukan.

d. Pekerjaan Pengecoran

Beton harus dituang sedekat-dekatnya dengan tujuan akhir untuk mencegah terjadinya pemisahan bahan-bahan akibat pemindahan adukan di dalam cetakan. Tinggi jatuh beton maksimum adalah 1,5

m. Penuangan beton dengan tinggi jatuh beton melebihi 1,5 m akan menyebabkan bahan-bahan yang lebih berat akan jatuh terlebih dahulu sehingga terjadi pemisahan agregat pada beton (segregasi) dan akan sangat mempengaruhi kualitas beton. Pemadatan tiap layer dengan menggunakan concrete vibrator (jarum penggetar). Pemadatan dilakukan untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terjebak didalam adukan semen yang timbul pada saat penuangan beton. Langkah – langkah dalam pekerjaan pengecoran kolom :

1. Sebelum dilaksanakan pengecoran, kolom yang akan dicor harus dilakukan pengecekan. Pengecekan yang dilakukan adalah tulangan dan kondisi bekisting agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.
2. Setelah pengecekan selesai . Pengecoran dilakukan
3. Penuangan beton dilakukan secara bertahap, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya segregasi yaitu pemisahan agregat yang dapat mengurangi mutu beton.
4. Beton yang dituangkan tidak sepenuhnya, melainkan hanya  $\frac{3}{4}$  dari tinggi kolom.
5. Selama proses pengecoran berlangsung, pemadatan beton menggunakan vibrator. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan yang maksimal.

e. Pekerjaan Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting kolom dilakukan sehari setelah pengecoran. Kondisi paling ekstrim adalah 8 jam setelah pengecoran. Diasumsikan bahwa beton telah mengeras dan semen telah mencapai waktu ikat awal. Pembongkaran bekisting harus mendapat ijin terlebih dahulu dari pengawas proyek dan pada saat proses pelepasan dilakukan dengan hati

– hati untuk menghindarkan kolom dari kerusakan. Bekisting yang telah dilepas tersebut kemudian dibersihkan bagian permukaannya dalamnya serta diolesi pelumas untuk kemudian dipasang pada kolom berikutnya. Adapun langkah-langkah pelepasan bekisting adalah :

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan untuk pembongkaran bekisting.
2. Membongkar clem yang terpasang pada sabuk pengikat.
3. Bongkar bagian-bagian bekisting dengan hati – hati agar tidak merusak kolom dan tidak merusak bekisting sehingga bekisting dapat digunakan lagi.
4. Angkut bekisting
5. Mengecek hasil cor kolom. Jika ditemukan hasil kurang bagus maka dilakukan perbaikan sesuai dengan kerusakan yang terjadi.

### **2.2.2 Metode Pelaksanaan Kolom Baja**

1. Identifikasi penentuan posisi kolom dan memastikan area kerja bersih dan bebas dari hambatan serta mempersiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan.
2. Gunakan tanda dan penanda untuk menandai lokasi kolom pada lantai atau alas beton. Pastikan tanda tersebut akurat sesuai dengan ukuran dan posisi kolom yang direncanakan.
3. Tempatkan dudukan atau pondasi kolom pada lokasi yang ditandai. Pastikan dudukan tersebut terpasang dengan kuat dan benar mengikuti spesifikasi desain. Penggunaan baut dan perekat beton dapat diperlukan untuk memperkuat pengikatan antara dudukan dan lantai/alas beton.
4. Angkat kolom baja dengan menggunakan alat pengangkat katrol. Pastikan kolom ditempatkan dengan benar pada dudukan atau pondasi yang telah dipersiapkan sebelumnya. Jaga agar kolom tetap tegak lurus dan dalam posisi vertikal yang tepat selama proses penempatannya
5. Setelah kolom ditempatkan, lakukan penyambungan dan pengikatan dengan bahan pengikat yang sesuai seperti baut. Pastikan sambungan tersebut kuat dan aman untuk mencegah pergerakan atau kegoyahan kolom.



6. Setelah penyambunga selesai, lakukan pemeriksaan ulang untuk memastikan bahwa kolom dipasang dengan benar. Periksa kembali semua pengikatan penguncian, dan posisi kolom untuk memastikan kekokohan dan kestabilan struktur.
7. Setelah kolom dipasang, lakukan langkah-langkah perlindungan yang diperlukan, seperti memberikan pelapis anti-karat atau cat pelindung pada kolom. Hal ini penting untuk mencegah korosi dan memperpanjang umur kolom baja.
8. Analisa K3L

**Tabel 2.1 Analisa K3L (Kesehatan, Keselamatan, Keamanan, dan Lingkungan)**

| No  | Kegiatan             | Analisa Resiko   | Pengendalian Resiko   |
|-----|----------------------|--|---|
| 1.. | Pekerjaan Kolom      | Pekerja tertimpa material berat                          | Menggunakan APD yang lengkap minimal sarung tangan, rompi, masker, sepatu Proyek, dan helm konstruksi |
| 2   | Pekerjaan Pengelasan | Pekerja mengalami gangguan mata karena proses pengelasan | Menggunakan APD yang lengkap minimal kacamata proyek  |

(Sumber: <https://journal.itelkompwt.ac.id/index.php/trinistik/article/view/436>)

### 2.3 Proyek

Proyek adalah kegiatan yang dilakukan dalam waktu tertentu dan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu hasil akhir yang telah direncanakan. Dalam proses mencapai hasil akhir kegiatan proyek dibatasi oleh penjadwalan waktu pengerjaan, anggaran dan kualitas atau mutu. Kegiatan proyek bersifat dinamis, nonrutin, multi kegiatan, dengan intensitas yang tidak menentu serta memiliki siklus yang terbatas. Meskipun ada beragam jenis proyek tetapi semuanya mengikuti pola tertentu yang dinamika sepanjang siklus proyek. Intensitas kegiatan

dimulai dari awal meningkatnya secara teratur sampai ke puncak, kemudian turun dan pada akhirnya berhenti.

### 2.3.1 Prinsip Umum Manajemen Proyek

1. **Planning (Perencanaan)** *Planning* adalah proses yang secara sistematis mempersiapkan kegiatan guna mencapai tujuan dan sasaran tertentu. Kegiatan diartikan sebagai kegiatan dilakukan dalam rangka pekerjaan konstruksi, baik yang menjadi tanggung jawab pelaksana (kontraktor) maupun pengawas (konsultan).
2. **Scheduling (Penjadwalan)** Menurut Widiasanti & Lenggogeni (2013) penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh suatu kegiatan dalam menyelesaikannya. Di samping itu, penjadwalan juga sebagai alat untuk menentukan kapan mulai dan selesainya kegiatan tersebut. Perencanaan penjadwalan pada suatu proyek konstruksi, secara umum terdiri dari perencanaan waktu, tenaga kerja, peralatan, material, dan keuangan. Ketepatan penjadwalan dalam pelaksanaan proyek sangat berpengaruh pada terhindarnya banyak kerugian, misalnya pembengkakan biaya konstruksi, keterlambatan penyerahan proyek, dan perselisihan atau klaim.
3. **Organizing (Pengorganisasian)** *Organizing* yaitu sebagai pengaturan atas suatu kegiatan yang dilakukan oleh sekelompok orang, dipimpin oleh pimpinan kelompok dalam suatu wadah organisasi. Wadah organisasi ini menggambarkan hubungan-hubungan struktural dan fungsional yang diperlukan untuk menyalurkan tanggung jawab, sumber daya maupun data.
4. **Actuating (Pergerakan)** *Actuating* diartikan sebagai fungsi manajemen untuk menggerakkan orang yang tergabung dalam organisasi agar melakukan kegiatan yang telah ditetapkan di dalam *planning*. Pada tahap ini diperlukan kemampuan pimpinan kelompok untuk menggerakkan, mengarahkan, dan memberi motivasi kepada anggota kelompoknya untuk secara bersama-sama memberikan kontribusi dalam mensukseskan manajemen proyek mencapai tujuan dan sasaran yang telah ditetapkan.

5. **Controlling (Pengendalian)** *Controlling* adalah sebagai kegiatan guna menjamin pekerjaan yang telah dilaksanakan sesuai dengan rencana. Didalam manajemen proyek, controlling terhadap pekerjaan kontraktor dilakukan oleh konsultan melalui kontrak supervisi, dimana pelaksanaan pekerjaan konstruksinya dilakukan oleh kontraktor. Pengawas umum berkewajiban melakukan pengendalian secara berjenjang terhadap pekerjaan yang dilakukan oleh staf dibawah kendalinya untuk memastikan masing-masing staf sudah melakukan tugasnya dengan baik dalam koridornya. Sehingga, tahap-tahap pencapaian sasaran yang direncanakan dapat dipenuhi. Menurut Soeharto (2001) pengendalian biaya merupakan langkah akhir dari proses pengelolaan biaya proyek, yaitu mengusahakan agar penggunaan dan pengeluaran biaya sesuai dengan perencanaan, berupa anggaran yang telah ditetapkan. Dengan demikian, aspek dan objek pengendalian biaya akan identik dengan perencanaan biaya, sehingga berbagai jenis kegiatan di kantor pusat dan lapangan harus selalu dipantau dan dikendalikan agar hasil implementasinya sesuai dengan anggaran yang telah ditentukan. Kemudian ada juga komponen biaya proyek yang perlu dipertimbangkan sebelum proyek selesai dan siap dioperasikan, yaitu modal tetap (*Fixed Capital*). Modal tetap adalah bagian dari biaya proyek yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan. Modal tetap dibagi menjadi biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*).

### **2.3.2 Kesesuaian Jadwal Waktu Perencanaan dengan Pelaksanaan (Realisasi)**

*Time Schedule* adalah suatu kegiatan terhadap rencana waktu yang telah ditetapkan dalam proses pelaksanaan pekerjaan proyek, meliputi semua item pekerjaan yang ada.

Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*Time*) dan kurun waktu (*duration*). Bila waktu menyatakan siang/malam, sedangkan kurun waktu atau durasi menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 7 Jam).

## 2.4 Critical Path Method (CPM)

### 2.4.1 Pengertian CPM

Metode jalur kritis *critical path method* (CPM) menurut Levin dan Kirkpatrick (1972) yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Metode CPM banyak digunakan oleh kalangan industri atau proyek konstruksi. Cara ini dapat digunakan jika durasi pekerjaan dapat diketahui dan tidak terlalu berfluktuasi.

Sedangkan Siswanto (2007) mendefinisikan CPM sebagai model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis. CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berupaya mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek. Penggunaan metode CPM dapat menghemat waktu dalam menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek.

#### 2.4.1.1 Perhitungan Maju

Untuk menghitung besarnya nilai EF digunakan perhitungan maju, mulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya

$$EF = ES + t \quad (2.1)$$

Di mana:

EF adalah *Earliest Finish*/ waktu selesai paling awal suatu kegiatan (Hari)

ES adalah *Earliest Start*/ waktu mulai paling awal suatu kegiatan (Hari)

t adalah waktu atau durasi terjadinya suatu kegiatan (Hari)

#### 2.4.1.2 Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur dimulai dari finish menuju start untuk mengidentifikasi saat paling lambat berakhirnya suatu kegiatan (LF), waktu paling lambat dimulainya suatu kegiatan (LS). Untuk menghitung besarnya nilai LS digunakan perhitungan mundur. Rumus perhitungan mundur sebagai berikut:

$$LS = LF - t \quad (2.2)$$

Dimana:

LS adalah *Latest start time*/ waktu mulai paling akhir (lambat) suatu kegiatan (Hari)

LF adalah *Latest finish time*/ waktu selesai paling akhir (lambat) suatu kegiatan (Hari)

t adalah waktu atau durasi terjadinya suatu kegiatan (Hari)

#### **2.4.1.3 Total Float**

Pada Perencanaan dan Penyusunan Jadwal Proyek, arti penting dari float total adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan.

$$[ TF = LF - ES - t ] = \textit{Latest Finish} - \textit{Earliest Start} - \textit{time} \quad (2.3)$$

#### **2.4.1.4 Free Float**

Adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

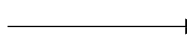
#### **2.4.1.5 Independent Float**

Adalah suatu kegiatan tertentu dalam jaringa kerja yang meskipun kegiatan tersebut terlambat tidak berpengaruh pada total float dari kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan berikutnya.

#### **2.4.2 Jaringan Kerja**

*Network planning* (Jaringan Kerja) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam *diagram network*. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

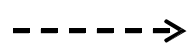
Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu *network* adalah sebagai berikut (Hayun, 2005) :

a.  (anak panah/busur),

Mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah resources (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti. Jadi, tak perlu menggunakan skala.

b.  (lingkaran kecil/simpul/node)

Mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (event) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan. Suatu kejadian harus mendahului kegiatan yang keluar dari simpul/node tersebut.

c.  (anak panah terputus-putus)

Menyatakan kegiatan semu atau *dummy activity*. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. *Dummy* di sini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan seperti halnya kegiatan biasa, Panjang dan kemiringan dummy ini juga tak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan dummy tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol.

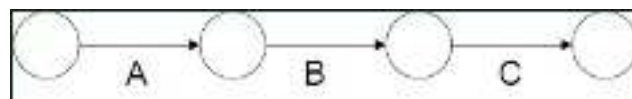
- d.  (anak panah tebal)  
Merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005) :

- Di antara dua kejadian (event) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
- Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
- Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (initial event) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (terminal event).

Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat dinyatakan sebagai berikut :

- Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dimulai setelah kegiatan B selesai, maka hubungan antara kegiatan tersebut dapat di lihat pada gambar 2.5.

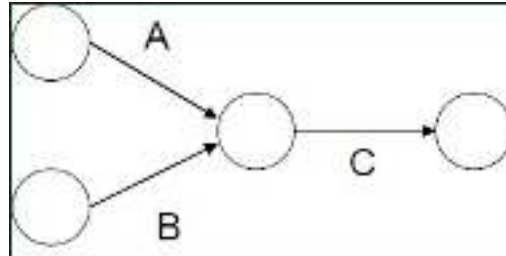


Gambar 2.4

Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C

(Sumber : *Operations Management*, 2006)

- b. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, maka dapat di lihat pada gambar 2.6.

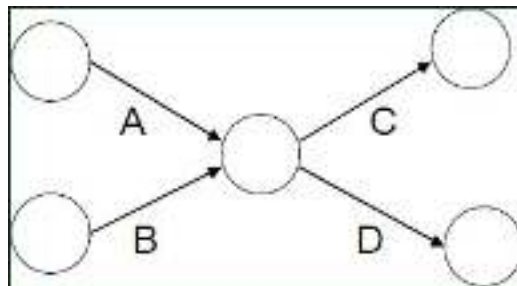


Gambar 2.5

Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C

(Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999)

- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D maka dapat di lihat pada gambar 2.7.



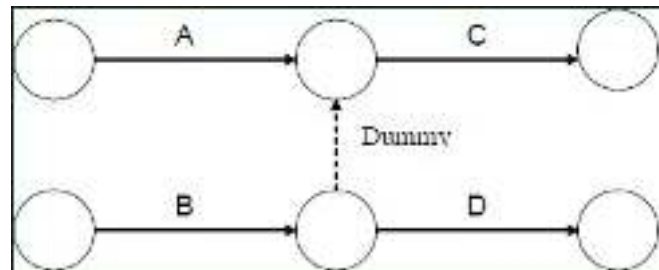
Gambar 2.6

Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

(Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999)



- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar 2.8.



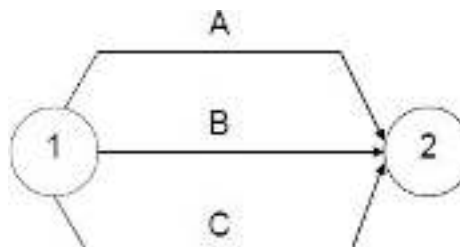
Gambar 2.7

Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

(Sumber : *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*, 1999)

Fungsi dummy ( -----> ) di atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

- e. Jika kegiatan A,B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka kita tidak boleh menggambarannya seperti pada gambar 2.9.

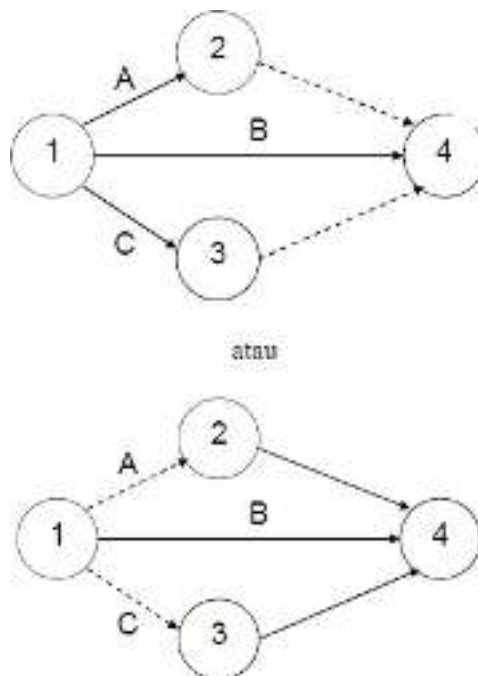


Gambar 2.8

Gambar yang salah bila kegiatan A, B dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

(Sumber : *Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan*, 1999)

Untuk membedakan ketiga kegiatan itu, maka masing-masing harus digambarkan dummy seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.9

Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

(Sumber : *Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan, 1999*)

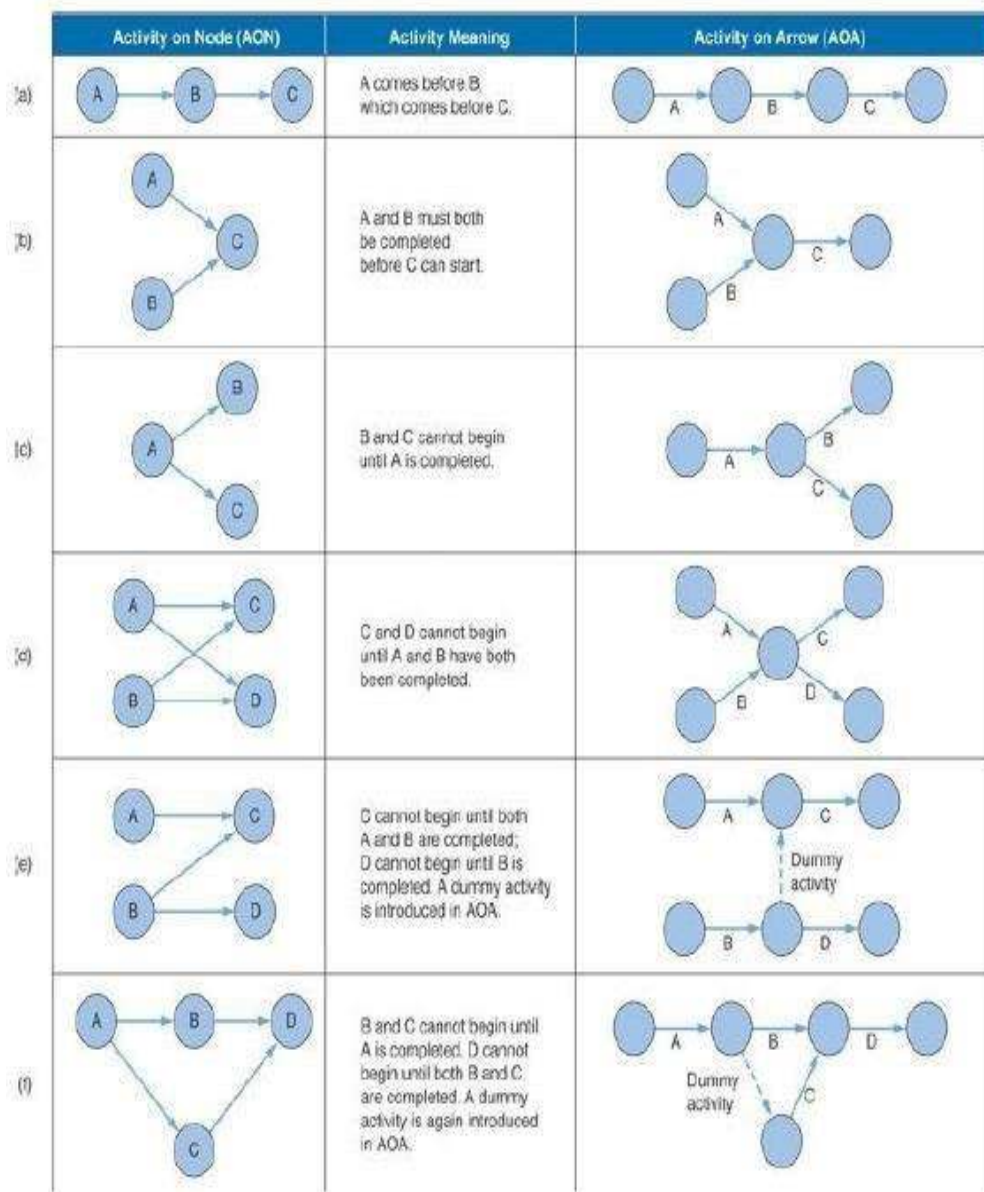
#### 2.4.2.1 AOA dan AON

##### 1. Pengertian AOA dan AON

Dalam pengelolaan proyek, terdapat dua pendekatan yang kerap digunakan yaitu AOA (*Activity on Arrow*) dan AON (*Activity on Node*). Kedua pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan urutan kegiatan dalam sebuah proyek serta membantu menjadwalkan penyusunan rencana proyek yang efisien. Pendekatan AOA menggambarkan jalur kritis suatu proyek dengan menggambarkan aktivitas-aktivitas dalam panah (*arrow*) dan node, sedangkan AON menggambarkan urutan kegiatan dalam bentuk diagram jaring-jaring (*network*).

- Pendekatan AOA: Jalur Kritis dalam Bentuk Panah dan Node
- Pendekatan AON: Urutan Kegiatan dalam Bentuk Jaring-Jaring

Menurut Heizer dan Render (2005), ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu kegiatan-pada-titik (*activity-on-node-AON*) dan kegiatan pada-panah (*activity-on-arrow – AOA*). Pada pendekatan AON, titik menunjukkan kegiatan, sedangkan pada AOA, panah menunjukkan kegiatan. Gambar 2.10 mengilustrasikan kedua pendekatan tersebut.



Gambar 2.10

Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja

(Sumber : Principles of Operations Management, 2004)

## 2. Manfaat AOA dan AON

Dalam perspektif panjang, menggunakan salah satu atau kedua metode ini dapat menghemat waktu dan biaya, serta meningkatkan efisiensi. Mari kita lihat bagaimana AOA dan AON dapat membantu Anda mengelola proyek lebih baik dengan melihat tabel berikut:

**Tabel 2.2 Manfaat AOA dan AON**

|               | <b>AOA</b>  | <b>AON</b>   |
|---------------|---|--|
| Pola Hubungan | Menunjukkan hubungan garis waktu antara aktivitas                                   | Menunjukkan hubungan suksesi dan ketergantungan antara aktivitas |
| Representasi  | Menggunakan garis panah sebagai representasi aktivitas                              | Menggunakan node sebagai representasi aktivitas                  |
| Kelebihan     | Memudahkan pengidentifikasian aktivitas krusial dan ketergantungan antara aktivitas | Memudahkan dalam memonitor kemajuan dan pengaturan sumber daya   |

(Sumber: <https://www.localstartupfest.id/faq/perbedaan-aoa-dan-aon/>)

## 3. Perbedaan AOA dan AON

Terkait jaringan proyek, Ada beberapa teknik perencanaan yang berguna untuk memvisualisasikan alur kerja. Di antara teknik ini terdapat Analisis Operasional Aktivitas (AOA) dan Analisis Operasional Node (AON).

Perbedaan :

- AOA memfokuskan pada aktivitas dalam jaringan proyek, seperti simbol elips yang menunjukkan aktivitas di diagram jaringan.
- AON memfokuskan pada hubungan antara aktivitas dalam jaringan proyek, seperti simbol kotak yang mewakili aktivitas di diagram jaringan.
- Nama lain yang digunakan untuk AOA dan AON adalah:

**Tabel 2.3 AOA dan AON**

| <b>Analisis</b> | <b>Operational</b> | <b>Aktivitas</b> |
|-----------------|--------------------|------------------|
| AOA             | PDM                | PERT             |
| AON             | ADM                | CPM              |
|                 |                    |                  |

(Sumber: <https://www.localstartupfest.id/faq/perbedaan-aoa-dan-aon/>)

- Untuk lebih memperjelas perbedaan AOA dan AON, berikut adalah tabel perbandingan singkat:

**Tabel 2.4 Analisis Urutan AOA dan AON**

| <b>Analisis Urutan Kerja (AOA)</b>                           | <b>Analisis Urutan Node (AON)</b>   |
|--|---|
| Urutan aktivitas dibaca dari kanan ke kiri                   | Urutan aktivitas dibaca dari kiri ke kanan  |
| Aktivitas termuda dan terlama dihitung dengan estimasi waktu | Aktivitas termuda dan terlama dihitung dengan menghitung waktu tercepat dan waktu terlama |
| Memperkirakan durasi aktivitas lebih mudah                   | Memperkirakan waktu proyek lebih akurat   |

(Sumber: <https://www.localstartupfest.id/faq/perbedaan-aoa-dan-aon/>)

- Secara umum, keduanya bisa digunakan untuk mengelola dan memantau proyek, namun demi kemudahan dan efisiensi pada saat proses, maka penggunaan diagram AON lebih disarankan karena lebih mudah untuk dipahami dan diinterpretasikan.

**Tabel 2.5 Perbedaan AOA dan AON**

| <b>Perbedaan</b>                      | <b>AOA</b>                                 | <b>AON</b>                                 |
|---------------------------------------|--|--|
| Penggambaran Node                     | Node sebagai panah, aktivitas sebagai node | Node sebagai node, aktivitas sebagai panah |
| Jumlah Frekuensi pada Node            | Frekuensi ditunjukkan pada panah aktivitas | Frekuensi ditunjukkan pada node            |
| Pengaturan Agar Proyek Selesai Segera | Waktu dihitung dari akhir ke awal          | Waktu dihitung dari awal ke akhir          |

(Sumber: <https://www.localstartupfest.id/faq/perbedaan-aoa-dan-aon/>)

### 2.4.3 Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses two-pass, terdiri atas forward pass dan backward pass. ES dan EF ditentukan selama forward pass, LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (*earliest start*) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai. EF (*earliest finish*) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (*latest start*) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (*latest finish*) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

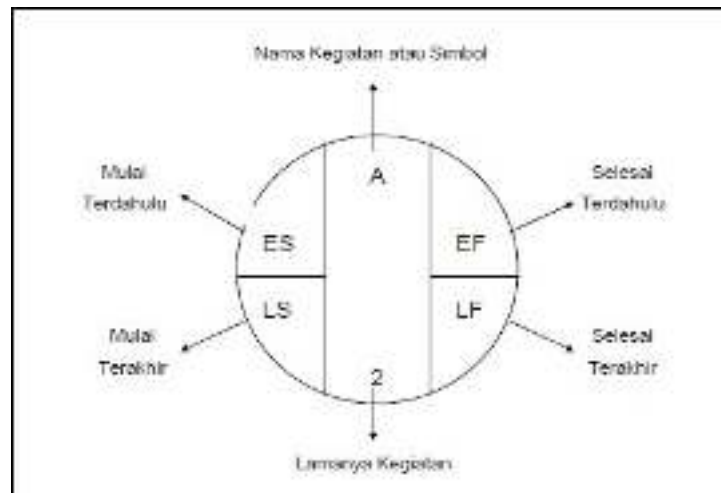
$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\} \quad (2.4)$$

$$EF = ES + \text{Waktu kegiatan} \quad (2.5)$$

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ dari seluruh kegiatan yang langsung mengikutinya}\} \quad (2.6)$$

$$LS = LF - \text{Waktu kegiatan} \quad (2.7)$$

Setelah waktu terdahulu dan waktu terakhir dari semua kegiatan dihitung, kemudian jumlah waktu *slack* (*slack time*) dapat ditentukan. *Slack* adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan (Heizer dan Render, 2005).



Gambar 2.11

Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan

(Sumber : *Operations Management : Manajemen Operasi*, 2005)

Dalam metode CPM (*Critical Path Method* - Metode Jalur Kritis) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999). Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri,1997).

Menurut Badri (1997), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.

- b. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
- c. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di trade off (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan crash program (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.
- d. Time slack atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

## **2.5 Biaya Konstruksi**

### **2.5.1 Pengertian Biaya Konstruksi**

Biaya konstruksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan suatu proyek. Kebijakan pembiayaan biasanya dipengaruhi oleh kondisi keuangan perusahaan yang bersangkutan. Bila kondisi keuangan tidak dapat menunjang kegiatan pelaksanaan proyek, dapat ditempuh dengan cara menurut Ariyanto (2003), yaitu:

1. Peminjaman kepada bank atau lembaga keuangan untuk dapat menekan biaya, namun harus membayar bunga pinjaman.
2. Tidak meminjam uang, namun menggunakan kebijakan kredit barang atau jasa yang diperlukan. Dengan menggunakan cara ini akan dapat menghindari bungapinjaman, namun perhitungan biaya proyek sangat penting dilakukan dalam mengendalikan sumber daya yang ada mengingat sumber daya yang ada semakin terbatas. Untuk itu, peran seorang cost engineer ada dua yaitu, memperkirakan biaya proyek dan mengendalikan (mengontrol) realisasi biaya sesuai dengan batasan-batasan yang ada pada estimasi.



## 2.5.2 Jenis-Jenis Biaya Konstruksi

Dalam perhitungan estimasi biaya proyek konstruksi jenis-jenis biaya dibedakan sebagai berikut:

### a. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, yaitu meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan proyek (dari persiapan hingga penyelesaian) dan biaya mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan oleh proyek tersebut. Biaya langsung dapat dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Biaya langsung ini juga biasa disebut dengan biaya tidak tetap (*variable cost*), karena sifat biaya ini tiap bulannya jumlahnya tidak tetap, tetapi berubah-ubah sesuai dengan kemajuan pekerjaan.

Secara garis besar, biaya langsung pada proyek konstruksi sesuai dengan definisi diatas dibagi menjadi lima (Asiyanto, 2005):

#### 1. Biaya bahan / material

Untuk menghitung biaya langsung mengenai bahan bangunan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Bahan sisa / yang terbuang (*waste*)
- Harga loco atau franco
- Cara pembayaran kepada penjual (*supplier*)

#### 2. Biaya upah pekerja (tenaga)

Untuk menghitung biaya langsung mengenai upah buruh bangunan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Untuk menghitung upah buruh dibedakan dalam : upah harian, borongan per unit volume atau borong keseluruhan.
- Perlu diperhatikan faktor-faktor kemampuan dan kapasitas kerjanya.
- Perlu diketahui apakah buruh atau mandor dapat diperoleh dari

daerah sekitar lokasi proyek atau tidak. Bila tidak, berarti harus didatangkan

buruh dari daerah lain. Ini menyangkut masalah : ongkos transport dari daerah asal ke lokasi proyek, penginapan, gaji ekstra dan lain sebagainya.

### 3. Biaya alat

Untuk menghitung biaya langsung mengenai biaya peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan konstruksi / bangunan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Untuk peralatan yang disewa perlu diperhatikan ongkos keluar masuk garasi, ongkos buruh untuk menjalankan peralatan, bahan baku dan biaya operasi kecil.
- Untuk peralatan yang tidak disewa perlu diperhatikan bunga investasi, depresiasi, reparasi besar, pemeliharaan dan ongkos mobilisasi.

### 4. Biaya subkontraktor

### 5. Biaya lain-lain

## b. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah seluruh biaya yang terkait secara tidak langsung, yang dibebankan kepada proyek. Biaya ini biasanya terjadi diluar proyek namun harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Adapun biaya tidak langsung ini meliputi antara lain:

### a. Biaya pemasaran

### b. Biaya overhead Biaya overhead dapat digolongkan menjadi 2 jenis biaya yaitu:

➤ Overhead Proyek (dilapangan), diantaranya adalah :

- Biaya personil di lapangan
- Fasilitas sementara proyek seperti biaya untuk pembuatan gudang, kantor, penerangan, pagar, komunikasi, transportasi.

- Bank Garansi, bunga bank, ijin bangunan.
  - Peralatan kecil yang umumnya habis / terbuang setelah proyek selesai.
  - Quality control seperti test mutu beton, baja, sondir, dll.
  - Rapat-rapat di lapangan
  - Biaya-biaya pengukuran.
- Overhead Kantor

Adalah biaya untuk menjalankan suatu usaha, termasuk didalamnya seperti sewa kantor dan fasilitasnya, honor pegawai, ijin-ijin usaha, prakualifikasi, referensi bank, anggota assosiasi.

c. Pajak

d. Biaya tidak terduga (*Contingencies*)

*Contingencies* adalah biaya untuk kejadian-kejadian yang mungkin bisa terjadi, mungkin tidak. Contoh: Naiknya muka air tanah, banjir, longsor, dsb.

e. Keuntungan kontraktor (Pojok Sipil, 2011; Mhd.Amar Faiz, 2011)

### **2.5.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Menurut J. A. Mukomoko (1987) RAB adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan.

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah besarnya biaya yang diperkirakan dalam pekerjaan proyek yang disusun berdasarkan volume dari setiap item pekerjaan pada gambar atau bestek. RAB diajukan oleh kontraktor pada saat terjadi penawaran, yang mana RAB ini dipakai patokan bagi kontraktor untuk mengajukan penawaran. Biaya ini disamping tergantung pada volume, juga sangat tergantung pada upah tenaga kerja dan karyawan, harga material yang dibutuhkan dan jasa kontraktor serta pajak.

Maksud dan tujuan penyusunan RAB bangunan adalah untuk menghitung biaya-biaya yang diperlukan suatu bangunan dan dengan biaya ini bangunan tersebut dapat terwujud sesuai dengan yang direncanakan. Tahapan-tahapan harus dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut (Ervianto, 2003)

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek atau upah pekerja pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Melakukan perhitungan analisis bahan dan upah dengan menggunakan analisis yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi.

Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut:

$$RAB = \sum_{i=0}^n \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \quad (2.8)$$

#### 1. Volume / Kubikasi pekerjaan

Menurut Bachtiar Ibrahim (2001) yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Jadi volume pekerjaan bukanlah volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu satuan.

#### 2. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan.

### 3. Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standart pengupahan pekerja dan harga sewa / beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi.

- Analisa Harga Satuan Bahan

Adalah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan, serta besar biaya yang dibutuhkan.

- Analisa Harga Satuan Upah

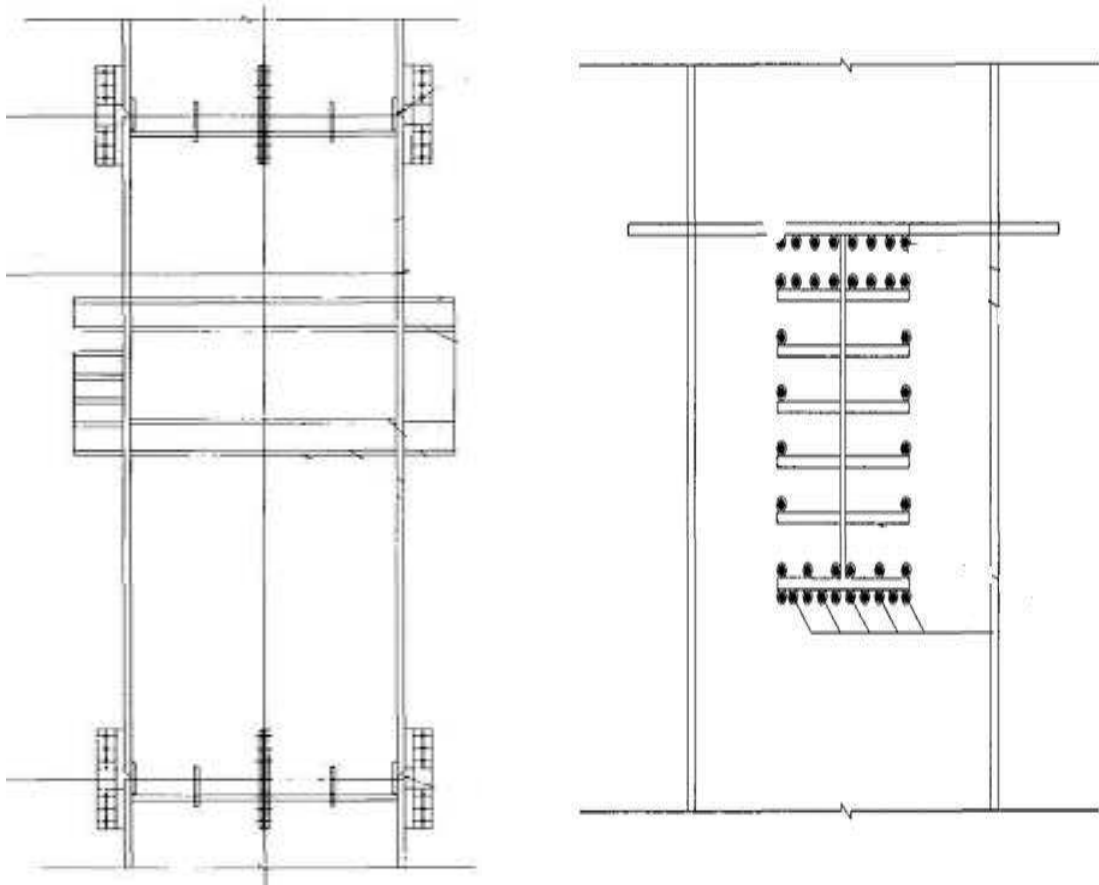
Adalah menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

- Analisa Harga Satuan Alat

Adalah harga satuan dasar alat yang meliputi biaya pasti, biaya operasi dan pemeliharaan dan biaya operatornya.

## 2.6 Teori Pendukung

Model utilitas menyediakan simpul sambungan antara kolom baja dan tulangan balok beton yang terdiri dari kolom baja dan tulangan balok beton, korbil baja dan pelat lingkaran luar kolom baja yang dilas pada permukaan samping kolom baja, korbil baja dan kolom baja. Pelat cincin adalah struktur terintegrasi dari korbil baja dan pelat cincin luar dari kolom baja terletak pada bidang horizontal yang sama, dan selongsong ulir lurus dilas pada balok korbil dari korbil baja, dan selongsong benang lurus dihubungkan dengan tulangan balok beton. Struktur ini membuat sambungan node aman, stabil dan andal, serta meningkatkan efisiensi konstruksi sekaligus memastikan kualitas konstruksi (Hak Paten Oleh Wang Yuping dan Zhang jing 2013).



Gambar 2.12

Kolom Baja dan Potongan Kolom Baja

(Sumber : Hak Paten Oleh Wang Yuping dan Zhang Jing 2013).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

| No | Nama Peneliti           | Judul Penelitian   | Tujuan   | Hasil Penelitian  |
|----|-------------------------|--|--|---|
| 1. | S. Ulfa dan E. Suhendar | Implementasi Metode <i>Critical Path Method</i> Pada Proyek Synthesis Residence Kemang | Mengetahui jaringan kerja atau network jalur kritis, mengetahui waktu yang optimal, serta menganalisis perkiraan total biaya pada proyek | Pekerjaan Galian Tanah <i>Basement</i> , Pekerjaan <i>Raft Foundation</i> Tower 2, dan Pekerjaan <i>Retaining Wall</i> Tower 2. Hasil perhitungan dengan metode CPM membutuhkan waktu 369 hari dengan biaya Rp.62.852.324.528,- dari jadwal yang di |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
|    |  |  | Synthesis Residence Kemang dengan menggunakan metode CPM ( <i>Critical Path Method</i> )   | tentukan yaitu 484 hari dengan biaya Rp.62.110.831.400,-  |
| 2. | Niko Saputra, Elvira Handayani, Annisaa Dwiretnani | Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode <i>Critical Path Method</i> (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi | Menganalisa Pendjadwalan Proyek dan Mencari jalur kritis pada pekerjaan Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi. | Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan <i>Critical Path Method</i> maka didapat alur jalur kritis dengan kode pekerjaan : AA,BA,BB,BC,BD,BE, DA,DF,DO,FF,FG. Kurun Waktu Penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan <i>Critical Path Methode</i> selama 240 Hari. |

## BAB III METODE

### PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Data proyek yang dibahas pada penelitian ini adalah proyek pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit, Jl. Desa Bukit, Kec. Dolat Rayat, Kabanjahe-Sumatra Utara, yang terdiri dari 3 lantai dengan mangangkat konsep bentuk bangunan rumah adat Karo. Dengan data sebagai berikut :



**Gambar 3.1 Peta Lokasi Pembangunan Gedung Inkulturatif GBKP  
Bukit**

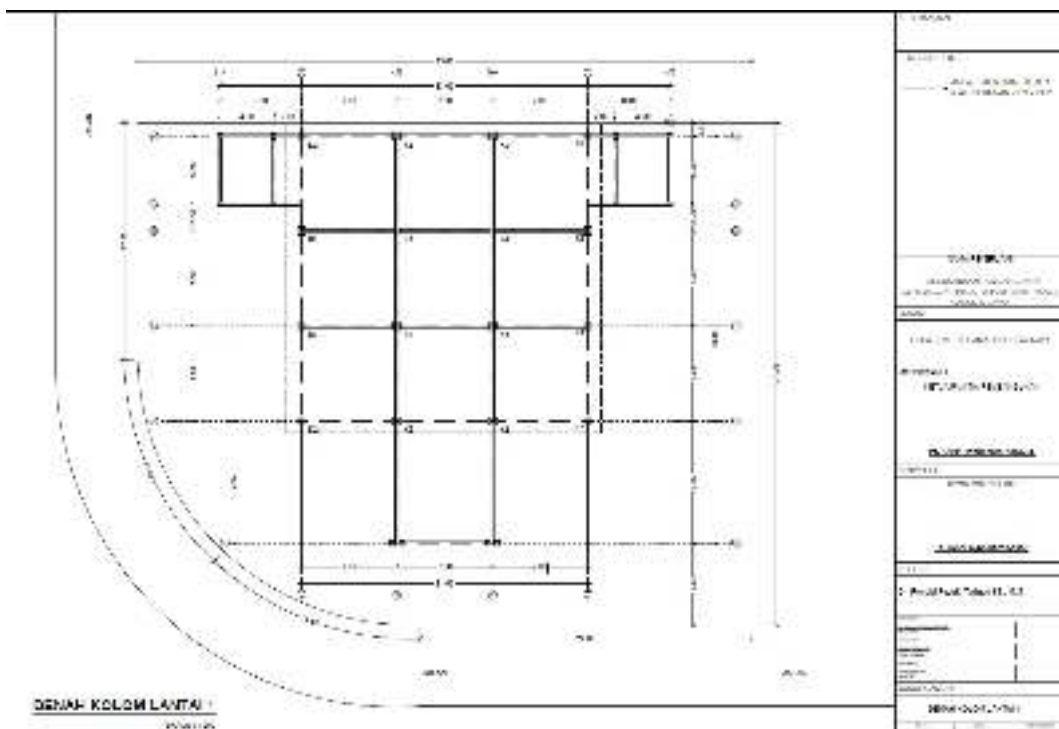
*(Sumber : Google Earth)*



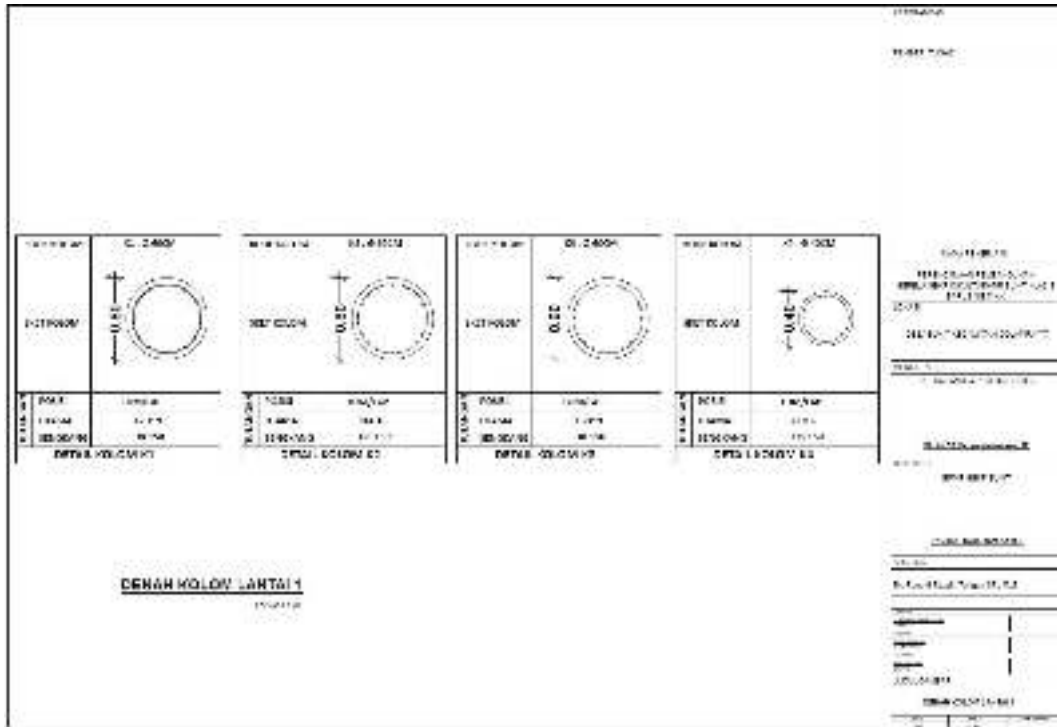
Visualisasi 3D Pembangunan gedung Inkulturatif dapat dilihat pada **Gambar 3.2** berikut :



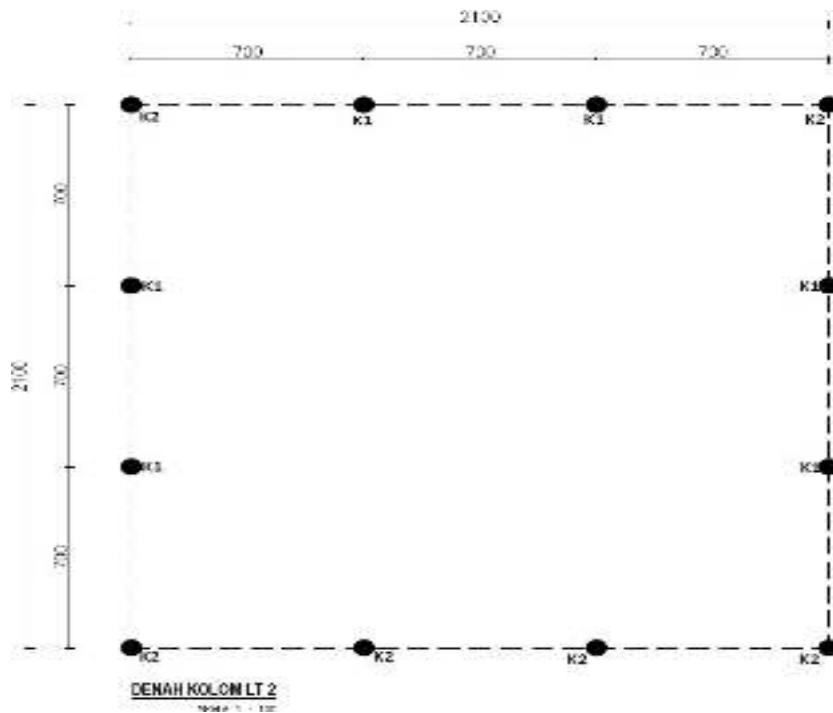
**Gambar 3.2 Visualisasi 3D Proyek Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit**  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)



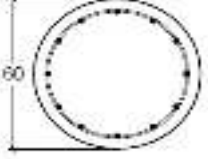
**Gambar 3.3 Denah Rencana Kolom Lantai 1 Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit**  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)

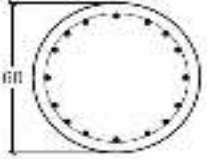


**Gambar 3.4 Detail Rencana Kolom Lantai 1** Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)



**Gambar 3.5 Denah Rencana Kolom Lantai 2** Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)

|                 |          |   |
|-----------------|----------|---|
| KODE KOLOM      |          | K1 . Ø 60CM   |
| SKET KOLOM      |          |  |
| TULANGAN        | POSISI   | TUM/LAP   |
|                 | UTAMA    | 12D16   |
|                 | SENGKANG | Ø8-150  |
| DETAIL KOLOM K1 |          |   |

|                 |          |   |
|-----------------|----------|---|
| KODE KOLOM      |          | K2 . Ø 60CM   |
| SKET KOLOM      |          |  |
| TULANGAN        | POSISI   | TUM/LAP   |
|                 | UTAMA    | 16D16   |
|                 | SENGKANG | Ø8-150  |
| DETAIL KOLOM K2 |          |   |

### DETAIL KOLOM LT 2

SKALA 1 : 40

**Gambar 3.6 Detail Rencana Kolom Lantai 2 Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit**  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)



**Gambar 3.7 Pekerjaan Kolom Pembangunan gedung Inkulturatif GBKP Bukit**  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)

### 3.2 Gambaran Umum Proyek

Berikut data umum proyek pekerjaan pembangunan gedung GBKP BUKIT adalah:

|                    |  |
|--------------------|--|
| Nama Proyek        | : Proyek Pembangunan Gedung Inkulturatif GBKP Bukit        |
| Lokasi Proyek      | : Jl. Desa Bukit, Kec.Dolat Rayat, Kabanjahe-Sumatra Utara |
| Pemilik proyek     | : Gereja GBKP Kontraktor                                   |
| Pelaksana          | : CV. ARTHAKASIH Konsultan                                 |
| Pengawas           | : PT. Archa Studio Arsitektur                              |
| Penyelidikan Tanah | : PT. Parastya Lasgrama                                    |
| Jenis Konstruksi   | : Konstruksi Gedung  |
| Lingkup Pekerjaan  | : Struktur   |
| Jumlah Lantai      | : 3 Lantai   |
| Luas Tanah         | : 1576.36 M <sup>2</sup>                                   |
| Luas Bangunan      | : 1125.00 M <sup>2</sup>                                   |
| Nilai Kontrak      | : Rp. ± 4.853.950.000,00                                   |

### 3.3 Metode Penelitian

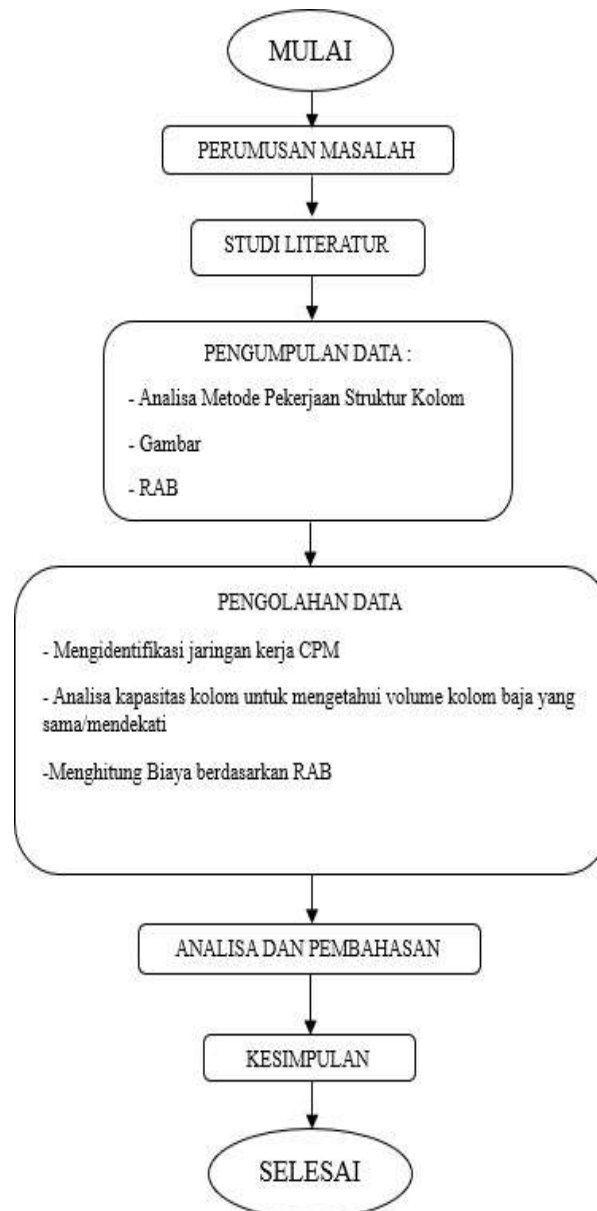
Metode penelitian yang digunakan yaitu Metode Kualitatif yang merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitian. Pada dasarnya segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan adalah variabel. Variabel penelitian ini adalah waktu dan biaya. Peneliti melakukan analisis data menggunakan metode jalur kritis atau *CPM (Critical Path Method)*.

Untuk memudahkan perhitungan dan untuk kelengkapan kajian pustaka, maka analisis data dilakukan dengan persiapan survey dan identifikasi lapangan. Dan melakukan analisis dari data-data yang didapat melalui identifikasi permasalahan dan membuat perumusan serta menganalisis data menggunakan aplikasi microsoft excel, serta beberapa literature dari buku dan jurnal mengenai

management proyek. Pengumpulan data lapangan dilakukan secara teliti dan memantau setiap pekerjaan yang ada, agar data yang diperoleh dapat akurat dan memenuhi kelengkapan data yang dibutuhkan.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam tugas akhir ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah evaluasi perkembangan. Secara garis besar, pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan dalam diagram alir berikut :



**Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian**

### **3.5 Prosedur Penelitian**

Pada diagram alir penelitian, telah digambarkan tahap-tahap dalam pengerjaan pada tugas akhir ini. Adapun uraian diagram alir dijelaskan sebagai berikut :

#### **3.5.1 Perumusan masalah**

Pada tahap ini dijelaskan tentang waktu pelaksanaan serta kendala pada pekerjaan Struktur gedung Inkulturatif GBKP Bukit.

#### **3.5.2 Studi Literatur**

Pada Studi Literatur adalah mencari referensi teori atau bagian dari tahap persiapan sebagai landasan utama dalam menjelaskan langkah-langkah yang harus dilakukan (Teori pengertian kolom, metode pelaksanaan, biaya, teknik penjadwalan, metode *Critical Path Method (CPM)*).

#### **3.5.3 Pengumpulan Data**

Pada tahap pengumpulan data yaitu mencari data umum proyek, jadwal proyek, data laporan harian, data Rencana Anggaran Biaya (RAB). Tujuannya adalah untuk mengetahui perhitungan waktu dan biaya dengan metode *Critical Path Method (CPM)*, *S Curve* untuk memperoleh Perbandingan biaya dan waktu.

#### **3.5.4 Pengolahan Data**

Tahap Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut :

- a. Analisa kapasitas kolom untuk mengetahui volume kolom baja yang sama/mendekati
- b. Mengidentifikasi jaringan kerja CPM

#### **3.5.5 Analisa dan Pembahasan**

Pada tahap ini, penulis akan melakukan analisis pada metode pelaksanaan pekerjaan struktur kolom beton bertulang dengan pekerjaan struktur kolom baja untuk mendapatkan hasil Perbandingan waktu dan biaya. Karena adanya data yang akan diolah menghasilkan informasi yang dapat digunakan sebagai referensi untuk mendapa hasil penelitian.

### **3.5.6 Analisa Waktu**

Tahap ini menganalisa waktu bertujuan untuk mengetahui durasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan struktur kolom beton bertulang dan struktur kolom baja. Selain itu juga berguna untuk membandingkan estimasi waktu pelaksanaan struktur kolom beton bertulang dan struktur kolom baja.

### **3.5.7 Analisa Biaya**

Pada tahap ini dilakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dari masing-masing pekerjaan untuk menentukan perbandingan besaran anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur kolom beton bertulang dan struktur kolom baja.

### **3.5.8 Perbandingan**

Tahap ini dilakukan dengan membandingkan metode pelaksanaan struktur kolom beton bertulang dan struktur kolom baja dari segi biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan dan kelebihan kekurangan dari kedua metode pelaksanaan. Untuk menentukan metode mana yang paling efisien dari kedua perbandingan metode tersebut.

### **3.5.9 Kesimpulan**

Pada tahap ini, melakukan atau menarik kesimpulan dari hasil analisis yang diperoleh.