

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi adalah suatu struktur yang memikul berat beban struktur yang ada di atasnya. Pondasi tiang bor (*bored pile*) adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya. Semua tahapan pekerjaan *bore pile* pasti sudah dihitung durasi pengerjaannya. Oleh karena itu dibutuhkan cara agar pelaksanaannya dapat tercapai sesuai waktu yang telah ditentukan. Agar segala pekerjaan dapat terlaksana dengan efektif dan efisien. Sehingga segala pekerjaan dapat terjadwal sesuai rencana. *Schedule* atau penjadwalan adalah unsur yang paling penting dalam pelaksanaan proyek. Namun didalam pelaksanaan jadwal cenderung tidak terpakai secara efektif dilapangan, hal ini disebabkan penyusunannya yang tidak didasari dengan logika-logika teknis yang baik dan ketidak mampuan mengendalikan jadwal yang telah direncanakan bisa menyebabkan kendala dan masalah yang tidak sesuai perencanaan.

Ada banyak permasalahan dalam bidang konstruksi pada saat ini yang sering terjadi adalah pada tahap pelaksanaan sering terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian, sehingga waktu penyelesaian proyek tidak sesuai dengan waktu perencanaan awal proyek tersebut. Oleh sebab itu, proyek tidak berjalan dengan lancar dan mengakibatkan penambahan biaya yang melebihi dari perencanaan, sehingga ada proyek yang tertunda atau tidak dapat di lanjutkan. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan penjadwalan proyek yang lebih baik sehingga proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana yang telah disusun dan tidak menyebabkan penambahan biaya proyek, sehingga proyek tertunda.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dalam Penelitian ini, rumusan masalah yang harus dilakukan yaitu Mengidentifikasi waktu pelaksanaan dan kendala pada pekerjaan *bore pile*

### **1.3 Pembatasan Masalah**

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

1. Tidak melakukan uji pada setiap material yang digunakan
2. Tidak merencanakan struktur bangunan atas jembatan
3. Tidak memperhitungkan biaya konstruksi
4. Titik/Lokasi yang ditinjau adalah pondasi bore pile A2 pada Jembatan Sei Wampu Ruas Tol Binjai Pangkalan-Brandan Zona 2
5. Tidak membahas penurunan tiang

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Dalam melakukan penelitian ini,terdapat dua point tujuan utama.Diantara dua point tujuan Penelitian itu adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh perhitungan waktu pelaksanaan bore pile dengan Metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*
2. Memperoleh pelaksanaan pengendalian mutu yang digunakan pada pekerjaan bore pile

### **1.5 Manfaat Penelitian**

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

1. Dapat memperoleh waktu/durasi pekerjaan dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*
2. Dapat memperoleh pelaksanaan pengendalian mutu pada pekerjaan *bore pile*

### **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 TINJAU PUSTAKA**

### **2.1 Umum**

Pondasi *bore pile* adalah struktur bawah yang menahan beban yang ada di atasnya. Oleh karena itu, dalam proses pekerjaannya pasti telah direncanakan *planing* dan waktu/penjadwal untuk dapat menyelesaikan target yang diharapkan. Fungsi dari penjadwalan adalah untuk menentukan total durasi yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan tersebut, salah satu metode yang digunakan dalam melakukan penjadwalan yaitu metode *critical chain project management*. Metode ini bertujuan untuk memperoleh efisiensi waktu dengan estimasi waktu pengaman dipotong sebesar 50% durasi pekerjaannya. Sehingga dalam proses pekerjaan akan lebih memudahkan untuk memulai pekerjaan tersebut sehingga dari efisiensi waktu tersebut akan tercipta mutu yang baik dalam pekerjaan berdasarkan waktu dan perencanaan yang telah ditentukan.

### **2.2 Penelitian Terdahulu**

#### **2.2.1 Evaluasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM)**

Tampubolon, U. D., Rahman, T., & Haryanto, B. (2021). Melakukan penelitian mengenai Evaluasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Samarinda). Penelitian ini bertujuan Untuk menerapkan metode *Critical Chain Project Management* dalam mengendalikan kinerja waktu pada penjadwalan proyek konstruksi dan untuk mengetahui durasi optimal setelah dilakukan analisis *critical chain project manajement* (durasi) parkir tertentu.

Dari hasil penelitian ini, menggunakan metode *critical chain project management*, diperoleh durasi hasil analisis perhitungan pengerjaan proyek pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda sebelumnya dikerjakan selama 219 hari, sedangkan

perhitungan dengan menggunakan metode CCPM dihasilkan penyelesaian proyek pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda dalam waktu 206 hari kerja. Maka dapat disimpulkan perbedaan waktu pengerjaan pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda adalah sebesar 13 hari atau 5,9 % lebih cepat dibandingkan dengan durasi rencana proyek.

### **2.2.2 Tinjauan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Bor Pile Metode *Critical Chain Project Management***

Idrus, Y., Arifin, W., Maruddin, M., Ulfah, M., & Mardiana, Y. (2020). Melakukan penelitian mengenai Tinjauan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Bor Pile Metode *Critical Chain Project Management* (Kasus: Jembatan Phinisi Center Point of Indonesia). Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui tinjauan waktu pekerjaan bored pile dengan menggunakan metode *critical chain project management* (CCPM) dan Mengetahui tinjauan biaya pekerjaan bored pile dengan menggunakan metode *critical chain project management* (CCPM).

Dari hasil penelitian ini yang dilakukan dengan menggunakan metode *critical chain project management*, diperoleh perhitungan *project buffer* sebanyak 16 hari kerja dan *Feeding buffer* sebanyak 3 hari kerja.

### **2.2.3 Evaluasi Penjadwalan Pada Proyek Konstruksi Dengan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management***

Putra, A. (2018). Melakukan penelitian mengenai Evaluasi Penjadwalan Pada Proyek Konstruksi Dengan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management* (Studi Kasus: PT. XYZ). Penelitian ini bertujuan menganalisis jalur kritis pada jaringan kerja, mengidentifikasi indikator pengawasan konsumsi buffer akibat potensi timbulnya waste dan mendapatkan perbandingan waktu dan biaya perencanaan penjadwalan sebelum dan sesudah penerapan metode *critical chain project management*.

Dari hasil penelitian ini, menggunakan metode *critical chain project management* diperoleh Kurun waktu penyelesaian proyek 379 hari kerja

tanpa konsumsi *buffer* dan Kurun waktu penyelesaian proyek 432 hari kerja dengan penambahan durasi *project buffer* sebesar 53 hari kerja.

#### **2.2.4 Evaluasi Penjadwalan Pembangunan Hanggar**

Garam, T. D. W. (2017). Melakukan penelitian mengenai Evaluasi Penjadwalan Pembangunan Hanggar Pt. Gudang Garam, Tbk Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management* (Studi Kasus Pembangunan Hanggar PT. Gudang Garam, Tbk di Waru, Sidoarjo, Jawa Timur).

Dari hasil penelitian menggunakan metode *Critical Chain Project Management* adalah sebagai berikut: Pekerjaan hanggar 168 hari, Pekerjaan gudang alat 168 hari, Pekerjaan parkir A 141.8 hari, Pekerjaan parkir B 136.5 hari

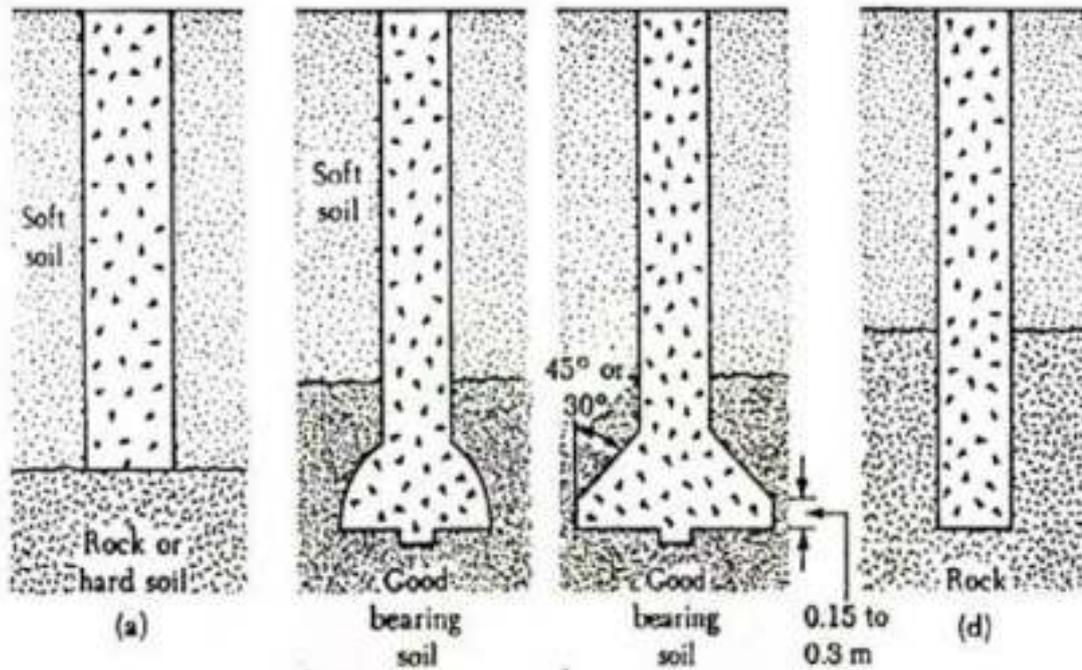
### **2.3 Pondasi Bore pile**

Pondasi adalah konstruksi struktur bawah yang memikul seluruh beban dari bangunan untuk diteruskan ke tanah. Cara penerusan beban oleh pondasi ke tanah ada yang berdasarkan daya dukung tanah. Kegagalan di pekerjaan pondasi akan menyebabkan kegagalan diseluruh konstruksi bangunan. Untuk itu diperlukan pemahaman gambar dan spesifikasi dengan baik. Pekerjaan pondasi pada umumnya merupakan pekerjaan awal dari suatu proyek konstruksi. Pada proses ini sebaiknya dilakukan dengan hati-hati karena sangat menentukan struktur atas nantinya.

Fungsi dari pondasi *bore pile* sama dengan pondasi tiang pancang, tapi memiliki perbedaan pada proses pengerjaannya yaitu dimulai dengan pelubangan tanah sampai pada kedalaman yang sudah direncanakan, kemudian pemasangan tulangan besi yang dilanjutkan dengan pengecoran beton. *Bored pile* adalah alternatif lain apabila dalam pelaksanaan pembuatan pondasi tidak memungkinkan untuk menggunakan tiang pancang (*spoon pile*), dikarenakan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitar (getaran, kebisingan, dan lain-lain), lokasi yang sempit dan kondisi lain yang dapat mengganggu atau mempengaruhi pekerjaan aktifitas disekitar proyek pembangunan.

Dalam penjelasannya ada berbagai jenis dari tiang, yaitu:

- a Tiang bor (*bored pile*) lurus untuk tanah keras.
- b Tiang bor (*bored pile*) yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
- c Tiang bor (*bored pile*) yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
- d Tiang bor (*bored pile*) lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Pondasi *Bore Pile*

(Sumber :Braja M.Das, 1941)

Terdapat beberapa alasan digunakannya pondasi tiang bor (*bored pile*) dalam konstruksi, antara lain:

- a. Pondasi tiang bor (*bored pile*) tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau pile cap.
- b. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- c. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi tiang bor (*bored pile*) hal ini dapat dicegah.

- d. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi tiang bor (*bored pile*).
  - e. Selama pelaksanaan pondasi tiang bor (*bored pile*) tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada tiang pancang.
  - f. Karena dasar dari pondasi tiang bor (*bored pile*) dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya ke atas.
  - g. Permukaan di atas dimana tiang bor (*bored pile*) didirikan dapat diperiksa secara langsung.
  - h. Pondasi tiang bor (*bored pile*) mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.
- Beberapa kelemahan dari pondasi tiang bor (*bored pile*) antara lain:
- a. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan atau memasang tenda sebagai penutup.
  - b. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil maka menggunakan bentonit esebagai penahan longsor.
  - c. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik maka diatasi dengan cara ujung pipa tremie berjarak 25-50 cm dari dasar lubang pondasi.
  - d. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang, maka air yang mengalir langsung dihisap dan dibuang kembali ke dalam kolam air.
  - e. Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah kelongsoran.
  - f. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton dan material, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat

melonjak maka ukuran tiang bor (*bored pile*) disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan.

- g. Walaupun penetrasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar, maka dipasang pipa paralon pada tulangan tiang bor untuk injeksi semen dasar.

### **2.3.1 Metode Pelaksanaan *Bored Pile***

Pada saat ini ada dua metode dasar pengeboran yang dilakukan pada suatu proyek konstruksi yaitu :

#### **1. Metode Pengeboran Kering (*Dry Hole Method*)**

Cara ini sesuai dengan jenis tanah kohesif dan pada tanah dengan muka air tanah yang berada pada kedalaman di bawah dasar lubang bor atau jika permeabilitas tanahnya sangat kecil, sehingga pengecoran beton dapat dilakukan sebelum pengaruh air terjadi. Pada metode kering yang pertama dilakukan adalah sumuran digali (dan dasarnya dibentuk lonceng jika perlu). Kemudian sumuran di isi sebagian dengan beton dan kerangka tulangan dipasang dan setelah itu sumuran telah selesai dikerjakan. Kerangka tulangan tidak boleh dimasukkan sampai mencapai dasar sumuran karena diperlukan pelindung beton minimum, tetapi kerangka tulangan boleh diperpanjang sampai akhir mendekati kedalaman penuh dari pada hanya mencapai kira – kira setengahnya saja. Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk (kohesif) dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bisa digali (mungkin juga dipompa) dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bisa mempengaruhi kekuatan beton.

#### **2. Metode Pengeboran Basah (*Wash Boring Method*)**

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor biasanya longsor bila dindingnya tidak

ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau larutan polimer, jadi pengeboran dilakukan dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan bentonite (polimer). Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa tremie, larutan bentonite akan terdesak dan terangkut ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya. Pelaksanaan pondasi tiang bor (*bored pile*) dengan Sistem Basah dapat dilaksanakan dengan beberapa sistem (cara) pengeboran yaitu :

**a. Pengeboran Sistem Basah dengan menggunakan *Temporary Casing***

Casing digunakan jika jenis tanah di lapangan beresiko runtuh/longsor di lubang hasil bor sehingga akan menutup lubang tersebut. Urutan pelaksanaan *Bore pile* dengan system *Temporary Casing* :

1. *Marking posisi pile oleh surveyor.*  
Kontraktor pelaksana harus menyediakan *license surveyor* dalam membuat setting out *point*/titik bored pile yang akan dibor. Kemudian 4 poin sebagai referensi yang dipasang (*offset*) tidak kurang dari 1 m dari titik posisi *pile*.
2. *Setting Alat Bore*  
Setelah penentuan titik selesai dilakukan oleh tim *surveyor* kemudian dilakukan *setting* alat bore, apakah alat bore sudah sesuai dengan titik kelurusan pada titik pengeboran.
3. Mulai melakukan pengeboran (*boring*).  
*Soil auger* dan *soil bucket* dipakai untuk pengeboran tanah yang halus (*soft*), pasir (*sand*) sampai tanah keras (*hard layer*). Apabila dalam pengeboran ditemukan batu (*rock*) bisa dipakai *rock auger* atau *core barrel*. Chisel tidak diijinkan dalam pengeboran jika tidak disetujui oleh pengawas lapangan.
4. Persiapan disekitar titik bor (Isi Polimer dilubang bore)

Pada pengeboran ini, polimer diisi ke dalam lubang *pengeboran* dengan bantuan pump untuk membantu mempercepat terjadinya pengendapan pengeboran pada tanah keras dan untuk menjaga diinding tanah agar tidak terjadi kelongsoran.

5. *Cleaning Bore Pile Lowering steelcage* ke dalam lubang bor.  
Setelah selesai melakukan pengeboran pada dengan kedalam yang telah ditentukan, kemudian akan dilakukan pembersihan sisa endapan di dalam lubang bore menggunakan *bucket cleaning*.
  6. *Koden*  
Setelah pengeboran selesai, dilakukan cek koden untuk mengetahui apakah kedalaman sudah sesuai dengan yang direncanakan, kemudian untuk mengetahui apakah di dalam lubang telah terjadi kelongsoran atau tidak
  7. *Install Pembesian*  
*Install* besi dilakukan dengan menggunakan alat crane untuk mengangkat besi yang sudah dirakit sebelumnya ke dalam lubang *bore*.
  8. Pemasangan Pipa Tremi  
Kemudian setelah pembesian selesai dilakukan, kemudian akan dilakukan pemasangan pipa tremi ke dalam lubang *bore* yang bertujuan untuk proses penyaluran beton ke dalam lubang.
  9. Pengecoran  
Setelah pipa tremi terpasang, kemudian akan dilaksanakan pengecoran pada lubang *bore*.
  10. Cabut Casing  
Pekerjaan terakhir adalah Pencabutan *casing* dilakukan secara bertahap, apabila beton sudah hampir mendekati permukaan tanah, dilakukan pencabutan casing
- b. Pengeboran Sistem Basah tanpa *Casing***  
Untuk jenis tanah yang cukup kuat dan padat dimana resiko longsor / runtuh bisa diabaikan, maka tidak diperlukan *Casing*.



Gambar 2.2 Pengeboran Metode Basah  
(sumber : PT.BAUER Pratama Indonesi)

### 2.3.2 Persyaratan Mutu Untuk Tiang Bor Beton *Cast-In-Place* SNI 2017 Spesifikasi Umum Untuk Jalan bebas Hambatan Dan Jalan Tol

Adapun persyaratan mutu yang digunakan dalam pekerjaan bore pile berdasarkan SNI 2017 tentang spesifikasi umum untuk jalan bebas hambatan dan jalan tol, berikut persyaratan bore pile:

#### 1. Uraian

Pekerjaan ini meliputi tiang bor beton *cast-in-place* yang dibuat dengan metode bor (*reverse circulation drill*), sesuai dengan Spesifikasi dan Gambar. Pengujian pembebanan juga termasuk yang diperlukan untuk menentukan daya dukung pondasi tiang bor beton.

#### 2. Material

Tiang bor beton *cast-in-place* harus dibuat, sesuai dengan detail Gambar, kelas beton B-2 yang sesuai, dicampur dan dituang menurut ketentuan Pasal S10.01 Spesifikasi ini. Baja tulangan harus sesuai dengan ketentuan Pasal 510.02 Spesifikasi ini. Berikut kelas beton B-2 dan penggunaannya berdasarkan SNI 2017, kecuali bila ada ketentuan lain dalam Gambar, atau diperintahkan Konsultan Pengawas yaitu B - 2 ( $f_c' 30 \text{ MPa}$ ) *Cast-in-place reinforced concrete piles* dan *Reinforced concrete piles*.

### 2.4 Pengujian Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan

tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka daktilitas beton sangat tergantung dari kualitas masing – masing pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimuljo : 2007). Sifat beton dapat digolongkan pada dua macam, yaitu:

A. Beton segar

1 *Workability*

*Workability* adalah sifat mudah dikerjakan, yaitu sifat yang dimiliki beton segar yang mudah dalam pengerjaan mulai dari proses pengadukan, pengangkutan, penuangan, pencetakan, proses finishing sampai proses perawatan atau *curing*. Terjadinya adalah pada saat beton dikerjakan atau pada saat pengerjaan

2 *Bleeding*

*Bleeding* adalah proses terjadinya pemisahan butiran naik ke atas dalam hal ini adalah ( pasir dan air ), ini terjadi pada saat beton segar dipadatkan, maka dari itu pada saat pemadatan beton segar dipadatkan diusahakan supaya tidak terlalu lama dalam pematatannya

3 *Kohesifnes*

*Kohesifnes* adalah sifat untuk saling melekatnya bahan-bahan beton. Sifat ini terjadi pada saat bahan-bahan beton dicampur dengan air

4 *Segredasi*

*Segredasi* adalah pemisahan bahan-bahan beton, yaitu terjadi pada saat beton dituangkan kedalam cetakan atau bekisting juga pada saat dipadatkan

5 *Setting time*

*Setting time* (waktu pengikatan) adalah sifat beton atau khususnya semen untuk mengikat dan mengeras. Sifat ini terjadi pada saat beton dicampur dan diaduk dengan air kemudian didiamkan

B. Beton keras

1) Sifat mekanis beton

Beton merupakan suatu struktur yang mempunyai beberapa sifat mekanis. Sifat mekanis adalah sifat yang berhubungan dengan perilaku bahan akibat gaya yang diberikan terhadap bahan tersebut

Kuat tekan beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah.

Jenis pengujian Beton terdiri dari :

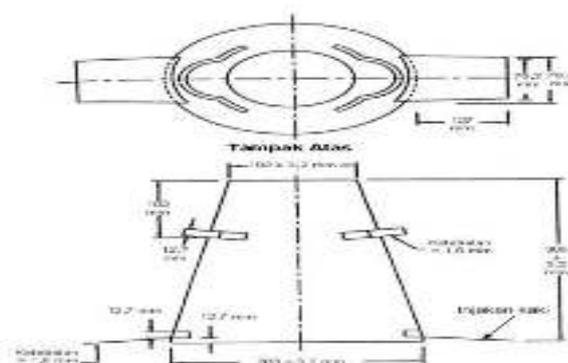
**1. Slump**

*Slump* merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakaan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi).

Tabel 2.1 nilai slump berbagai macam struktur

Jenis Kontruksi	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding pelat dan pondasi	75	25
Balok dan dinding beton	100	25
Kolom	100	25
Perkerasan jalan dan lantai beton	75	25

(Sumber: Hanafiah, 2010)



Gambar 2. 3 Kerucut Abrahams

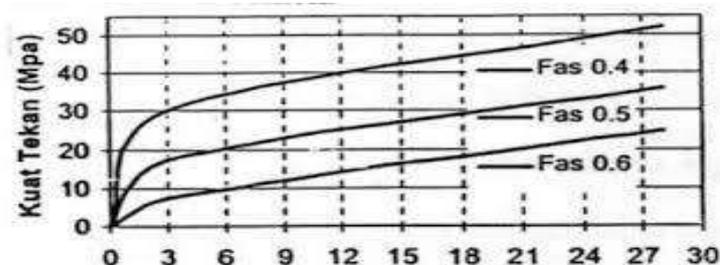
(Sumber : Ir. Tri Mulyono, MT, 2005)

## 2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat desak beton merupakan sifat penting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan desaknya. Suatu jumlah air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicor) akan tetapi menurunkan kekuatannya (*Chu Kia Wang dan C. G. Salmon, 1990*). Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

### a. Faktor Air Semen

Semakin rendah nilai faktor air semen maka kuat tekan beton yang didapatkan akan semakin tinggi. Akan tetapi pada suatu nilai faktor air semen tertentu jika nilai faktor air semen semakin rendah maka kuat tekan yang didapatkan akan semakin rendah, adukan beton akan sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen tertentu yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimum. Grafik hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan tekan beton (*Sumber: Tri Mulyono, 2003*)

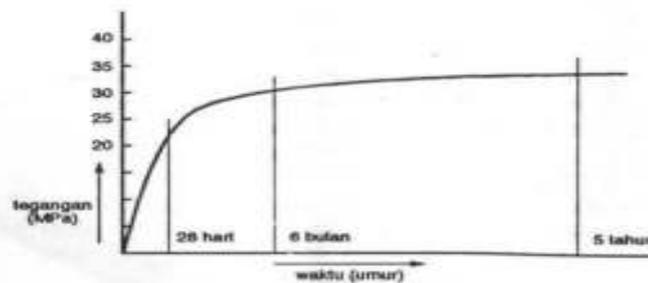
b Umur beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Biasanya nilai dari kuat tekan beton akan ditentukan pada waktu beton mencapai umur 28 hari. Kuat tekan beton akan naik dengan cepat sampai umur 28 hari. Akan tetapi setelah umur 28 hari, kenaikan pada kuat tekan beton tidak terlalu signifikan. Dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perkiraan kuat tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
PC Tipe 1	0,40	0,65	0,88	0,95	1,0

Sumber: (Tri Mulyono, 2003)



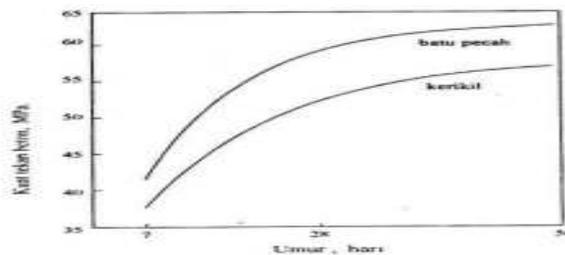
Gambar 2. 5 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan umur beton

Sumber: (Istimawan, 1999)

c Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada krikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-tegangan tekan dan terhadap kekuatannya. Akan tetapi bila adukan beton nilai *slump*-nya sama besar, pengaruh tersebut tidak tampak karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air lebih sedikit, berarti faktor air semennya rendah

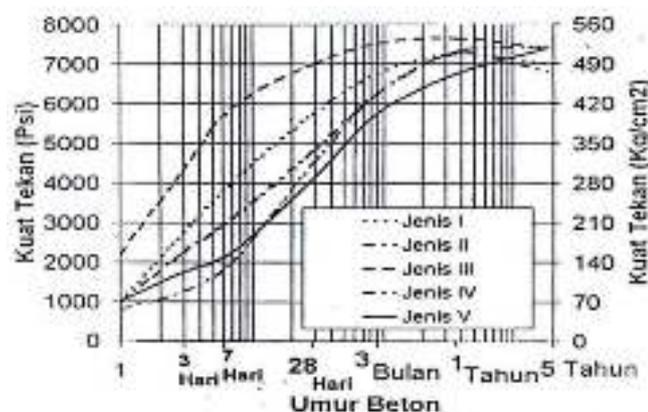
menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi. Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton  
(Sumber: Mindess, 981)

d Jenis semen

Semen *Portland* yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Jenis *Portland* semen yang digunakan ada 5 jenis, yaitu: I,II,III,IV,V. jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda sebaaimana tampak pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Perkembangan kekuatan tekan mortar untuk berbagai tipe Portland semen Sumber: (Tri Mulyono, 2003)

## 2.5 Baja Tulangan Beton

Baja karbon atau baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton. Baja ini diproduksi dari bahan baku *billet* dengan cara canai panas (*hot rolling*). Jenis baja tulang beton terdiri dari :

- 1 Baja tulangan beton polos (BjTP)  
Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip/berulir.
- 2 Baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS)  
Baja tulangan beton sirip/ulir adalah baja tulangan beton yang permukaannya memiliki sirip/ulir melintang dan memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.
  - a Sifat mekanis  
Sifat mekanis baja tulangan beton ditetapkan seperti tercantum pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat mekanis Baja Tulangan Beton

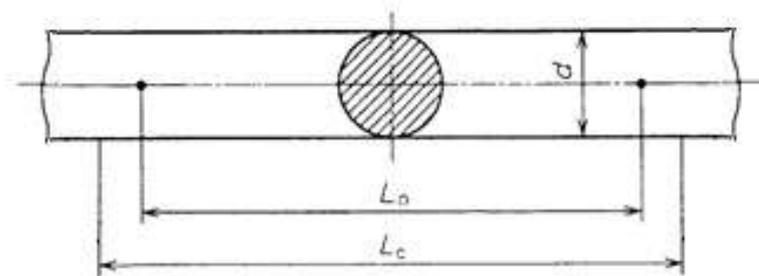
Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	-
			12 ( $d \geq 12$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ( $d \geq 13$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ( $d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ( $22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ( $d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ( $d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ( $22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	
			10 ( $d > 36$ mm)	180° 90°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,15
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	

**Keterangan:**  
 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton  
 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung

(Sumber : SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton)

## b Cara Uji

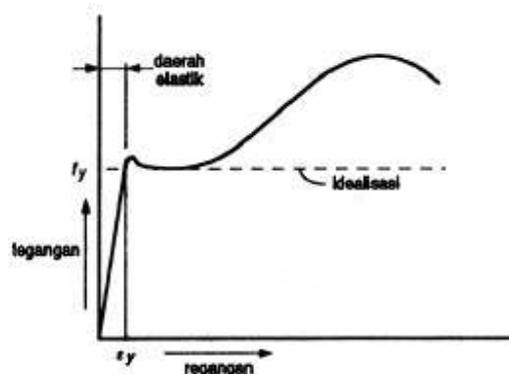
Untuk melakukan pengujian terhadap baja tulangan dilakukan dengan uji sifat mekanis dengan menyediakan benda uji yang telah disediakan. Untuk pengujian pertama dilakukan adalah uji tarik harus lurus dan utuh/tidak boleh dibubut dengan tujuan untuk memperkecil diameter. Bentuk potongan benda uji tarik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Benda uji tarik baja tulangan beton  
(Sumber : SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton)

### Keterangan

- $d$  = Diameter nominal
- $L_o$  = Panjang pengukuran (*gauge length*)
- $L_c$  = Panjang bebas antar grip



Gambar 2. 9 Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja  
(Sumber : Google)

Untuk pengujian yang kedua adalah dilakukan benda uji lengkung harus lurus dan utuh/tidak boleh dibubut dengan tujuan untuk memperkecil diameter. Panjang benda uji lengkung tidak kurang dari 150 mm. Uji tarik dan lengkung dilakukan masing-masing 1 (satu) kali pengujian dari masing-masing potongan contoh uji. Uji tarik dilakukan sesuai SNI 8389 . Untuk menghitung kuat luluh dan kuat tarik baja tulangan beton polos dan sirip/ulir digunakan nilai luas penampang yang dihitung dari diameter nominal contoh uji. Nilai kuat luluh/leleh ditentukan dengan salah satu dari metode berikut:

1. Jika baja tulangan beton mempunyai titik luluh/leleh yang jelas, nilai kuat luluh/leleh ditentukan dengan turunnya atau berhentinya bacaan dari mesin uji tarik
2. Jika baja tulangan beton tidak mempunyai titik luluh/leleh yang jelas, nilai kuat luluh/leleh ditentukan dengan metode offset 0,2 %.

## **2.6 Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Bor Pile Berdasarkan SNI 2017 Spesifikasi Umum Untuk Jalan bebas Hambatan Dan Jalan Tol**

Berikut penjelasan pekerjaan tiang bor berdasarkan SNI 2017 Nomor halaman S10.07 (3) sebagai berikut :

### **a Lubang Bor**

Semua lubang untuk tiang bor beton yang dituang pada lubang pengeboran harus dibor sampai memenuhi ujung tiang. Panjang tiang harus ditentukan sesuai Gambar atau diperintahkan oleh Konsultan Pengawas. Mesin bor harus yang sedemikian rupa sehingga lubang dapat dijaga tetap vertikal selama pengeboran.

Tiang yang sudah selesai dan struktur lama yang berdekatan dengan daerah pengeboran harus dilindungi dari gangguan pelaksanaan pemancangan, dan Kontraktor harus mengajukan proposal mengenai hal ini kepada Konsultan Pengawas untuk memperoleh persetujuannya sebelum pemancangan dimulai. Lubang yang sudah dibor harus dijaga agar tidak longsor karena limpahan air, dengan menyediakan pipa casing. Pipa casing harus dipasang cukup kokoh dan menonjol sekurang-kurangnya 50 cm di atas muka tanah. Permukaan

air pada bagian dalam lubang pengeboran harus dijaga tetap sekitar 2 m lebih tinggi dari permukaan air tanah. Kualitas air harus seperti untuk beton. Air bekas pengeboran tidak diperbolehkan masuk ke dalam lubang bor. Sebelum pengecoran semua air yang terdapat dalam lubang bor harus dipompa keluar. Semua material lepas yang terdapat dalam lubang setelah pengeboran harus dibersihkan dan dibuang dengan penyedot atau pompa isap (*airlift*) sebelum beton dituang. Pengecoran beton dan pemasangan baja tulangan tidak diijinkan sebelum mendapat persetujuan dari Konsultan Pengawas.

b Bentonit

Bahan bentonit harus berasal dari merek internasional yang disetujui atau dari bahan yang setara seperti polimer, yang harus dipertimbangkan jika ada pengaruh air garam dari pantai. Bentonit tersebut harus dicampur dalam mixer berturbulensi tinggi dan dipompa ke silo penyimpanan atau tangki bentonit yang bersih / kolam yang dibuat di lapangan. Bubur beton hams dipompa melalui pipa baja diameter berdiamater 4" dari dan sampai galian Bentonit yang telah digunakan akan melewati saringan turun dan disimpan untuk digunakan kembali. Bubur bentonit yang tidak digunakan harus disimpan secara terpisah dan diangkut keluar dari lapangan kedalam tanker bubuk dan dibuang di daerah yang disetujui. Sebuah laboratorium pengujian lumpur harus disediakan di situs dan harus berisi peralatan berikut dan hasil pcngujian harus disctujui olch Konsutan Pengawas:

- 1 1 Baroid filter press (uji air bebas)
- 2 1 Timbangan lumpur (tes kepadatan)
- 3 1 Konus Lumpur (Uji Vikositas)
- 4 1 Set ayakan pasir (uji kandungan pasir)
- 5 Peralatan untuk pengukuran pH

- c **Pembuangan Tanah**  
Limbah tanah dari lubang bor yang dibuang di samping anjungan pengeboran selama pekerjaan pengeboran harus diangkat dari situ segera untuk mencegah terhambatnya kemajuan pengeboran. Tanah buangan harus dimuat ke truk dengan excavator atau loader dan harus dilakukan untuk persediaan daerah di dalam lapangan dan kemudian diangkat keluar dari lokasi proyek ke area pembuangan sampah yang disetujui
- d **Baja Tulangan Baja**  
Tulangan harus dipasang dan diletakkan sesuai dengan Gambar. Bagian sambungan batang tulangan melingkar harus dilas dengan pengelasan listrik atau dapat digunakan *clamps* baja. Pada waktu penempatan tulangan dalam lubang, ketegak lurus dan posisi tulangan harus dikontrol dengan cermat untuk mencegah runtuhnya atau rusaknya dinding lubang.
- e **Pengecoran**  
Beton harus dituangkan dalam satu kali penuangan secara kontinyu dari ujung ke elevasi pemotongan dengan tabung tremie, dan harus dijaga jangan mengalami segregasi. Dengan tanggungan biaya sendiri, Kontraktor harus mengecor tiang bor beton tambahan di atas level yang sudah selesai pada ujung (bagian atas) tiang bor beton, dan kemudian semua beton yang lepas, lemah dan kelebihan bor beton tambahan harus dikupas/ dibuang bagian puncak tiang bor beton untuk menjamin penyatuan kepala tiang bor beton sebaik-baiknya dengan struktur telapak (*footing*).
- f **Laporan**  
Kontraktor harus menyediakan catatan harian mengenai pelaksanaan pekerjaan tiang bor beton, kepada Konsultan Pengawas.
- g **Tiang Uji Pembebanan Statis**  
Konsultan Pengawas dapat memerintahkan pengujian pembebanan tiang beton cor-di-tempat. Rincian pengujian pembebanan diberikan

sebagai oleh Konsultan Pengawas dan sesuai dengan persyaratan pembebanan maksimum yang 150% dan beban layanan.

#### h Tiang Uji Pembebanan Dinamis

Untuk pengujian pembebanan dinamis, berat palu yang tepat diperlukan untuk memberikan energi yang cukup untuk memobilisasi elemen tanah di sekitar tiang. Sebagai metode pengujian, berat palu yang tepat minimum harus 1% dan daya dukung yang diharapkan. Metode uji standar harus sesuai dengan persyaratan ASTM D4945-17 "*Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles*"

### **2.7 Pengendalian Mutu (*Quality Control*)**

Kontrol kualitas (*Quality Control*) - pemantauan proyek untuk menentukan apakah sesuai dengan standar mutu yang relevan dan mengidentifikasi cara untuk menghilangkan penyebab kinerja yang tidak memuaskan. Proses ini berinteraksi satu sama lain. Setiap proses melibatkan usaha dari satu atau lebih individu atau kelompok individu berdasarkan kebutuhan proyek. Setiap proses umumnya terjadi setidaknya sekali dalam setiap tahapan proyek.

### **2.8 Peningkatan Kualitas (*Quality Improvement*)**

Peningkatan kualitas (*Quality Improvement*) adalah tindakan perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi variasi pada proses dan produk. Titik-titik potensial pada proses dan produk adalah tahapan-tahapan proses yang perlu dilakukan dengan hati-hati dan penuh ketelitian, karena kesalahan pada tahap ini dapat mengakibatkan produk menjadi cacat (*defect*).

### **2.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Mutu**

Dalam penelitian Sari (2011), menyebutkan bahwa beberapa faktor yang secara signifikan berpengaruh dalam pencapaian mutu, antara lain sebagai berikut:

1. Sumber Daya Manusia  
Yang mempengaruhi kinerja manusia dan pencapaian mutu adalah pendidikan formal, pendidikan non formal, pengalaman kerja sesuai profesi, kemampuan kompetensi, potensi untuk berprestasi, pemutakhiran kompetensi, gender dan kematangan kepribadian.
2. Peralatan  
Penggunaan peralatan harus jelas kondisi peralatan, ketersediaan alat, pemeliharaan peralatan, kebandalan peralatan, spesifikasi alat yang sesuai RKS, kelengkapan manual alat, biaya pengadaan dan kemampuan operator dalam mengoperasikan
3. Material  
Faktor material termasuk salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan pencapaian mutu, diantaranya ketersediaan material, kualitas material, proses pengadaan dan lokasi pengambilan material, komposisi agregat, suhu dan ketepatan gradasi butiran
4. Tampilan Format Standar  
Tampilan format standar yang dimaksud adalah Bahasa yang digunakan, kejelasan standar, kejelasan dari substansi standar mutu, pengadaan kualifikasi standar mutu, manual standar mutu, keaslian dan biaya kepemilikan standar mutu.
5. Prosedur Kerja  
Penerapan standar mutu kerja meliputi ketentuan penerapan, pelaksanaan sesuai prosedur sosialisasi keseragaman dan standar mutu.

Faktor Penghambat Proses Pengendalian Kinerja Mutu Menurut Ervianto (2005), ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan pengendalian kinerja menjadi tidak efektif, yaitu :

1. Defenisi Proyek  
Definisi proyek yang dimaksud adalah keadaan proyek itu sendiri atau gambaran proyek yang dibuat oleh perencana. Pada proyek

dengan ukuran dan kompleksitas yang amat besar, yang melibatkan banyak organisasi ditambah lagi banyaknya kegiatan yang saling terkait, maka akan timbul masalah kesulitan koordinasi dan komunikasi. Kesulitan yang sama bisa juga timbul karena kerumitan pendefinisian struktur organisasi proyek yang dibuat oleh perencana.

2. Faktor Tenaga Kerja

Pengawas atau inspektur yang kurang ahli dibidangnya atau kurang berpengalaman dapat menyebabkan pengendalian proyek menjadi tidak efektif dan kurang akurat.

3. Faktor Sistem Pengendalian

Penerapan sistem informasi dan pengawasan yang terlalu formal dengan mengabaikan hubungan kemanusiaan akan timbul kekakuan dan keterpaksaan. Oleh karena itu, perlu juga diterapkan cara-cara tertentu untuk mendapatkan informasi secara tidak resmi misalnya ketika makan bersama, saling mengunjing, komunikasi lewat telepon, dan lain sebagainya

### **2.10 Tujuan Dan Faktor Dari Pengendalian Mutu**

Menurut Gaspersz (2001), tujuan pengendalian mutu meliputi dua tahap, yaitu tujuan sementara dan tujuan akhir. Tujuan sementara pengendalian mutu adalah agar dapat diketahui mutu, barang, jasa, maupun pelayanan yang dihasilkan. Tujuan akhirnya adalah untuk dapat meningkatkan mutu, barang, jasa, maupun pelayanan yang dihasilkan.

Faktor faktor yang mempengaruhi mutu suatu pekerjaan konstruksi Gaspersz (2001), adalah:

1. Yang bersifat *software*, yaitu: kualitas perencanaan dan sistem dari proses yang digunakan
2. Yang bersifat *hardware*, yaitu: kualitas tenaga kerja, alat konstruksi dan material yang digunakan dalam proses produksi
3. Dalam proses pengendalian mutu pekerjaan, maka faktor-faktor tersebut harus diperhatikan

### **2.11 Cara Pengendalian Mutu**

Suatu sistem pengendalian mutu pada sebuah proyek konstruksi juga perlu dilakukan audit. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana program QA/QC telah dilaksanakan. Hal-hal yang diaudit meliputi bagian berikut ini (Soeharto, 1997):

1. Program menyeluruh untuk mencapai sasar= mutu.
2. Kriteria for use.
3. Mengikuti peraturan atau hukum dan prosedur.
4. Memenuhi spesifikasi dan kriteria.
5. Identifikasi dan koreksi kekurangan yang menyebabkan obyek tidak memenuhi mutu. Dokumen yang mencatat hasil implementasi program QA/QC.

Dari penjelasan mengenai pengendalian mutu pada pekerjaan konstruksi di atas maka dapat digambarkan metode pengendalian mutu pada suatu pekerjaan konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Pengecekan dan Pengkajian
2. Pemeriksaan/Inspeksi dan Uji Kemampuan Peralatan

### **2.12 Mutu Suatu Proyek Konstruksi**

Mutu suatu proyek konstruksi dinyatakan bermutu apabila selesai dalam keadaan (Soeharto, 1997):

1. Pada jangka waktu yang telah ditentukan (*on schedule*)
2. Dapat mencapai biaya yang telah dianggarkan atau biaya proyek yang dicapai kurang dari anggaran yang telah ditentukan.
3. Dapat mencapai mutu yang diharapkan yaitu sesuai dengan spesifikasi dan syarat-syarat yang telah dalam dokumen kontrak.
4. Dapat mengurangi bahkan menghilangkan terjadinya kecelakaan kerja. Personil diberbagai level memiliki komitmen yang tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan kerja (K-3)
5. Dapat menciptakan jalinan hubungan baik antar personil yang berkaitan dengan proyek sehingga mampu menghasilkan semangat dan motivasi kerja yang tinggi.

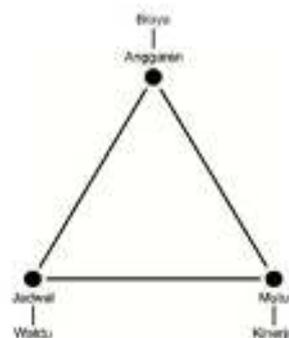
### 2.13 Manajemen Proyek

Proyek adalah suatu usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas. Sehingga pada konteks bangunan konstruksi, pengertian proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan/infrastruktur. Bangunan ini pada umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk didalamnya bidang sipil dan arsitektur, juga tidak jarang melibatkan disiplin ilmu lain seperti teknik industri, teknik mesin, teknik elektro dan sebagainya (Ilmu Manajemen Konstruksi, 1998:11).

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

#### 2.13.1 Sasaran Proyek Dan Tiga Kendala (*Triple Constraint*)

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



Gambar 2.10 Tiga Kendala (*Triple Constraint*)

(sumber :Soeharto,1997 : 2)

Ini merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

1. Anggaran Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran.
2. Jadwal Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan.
3. Mutu Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

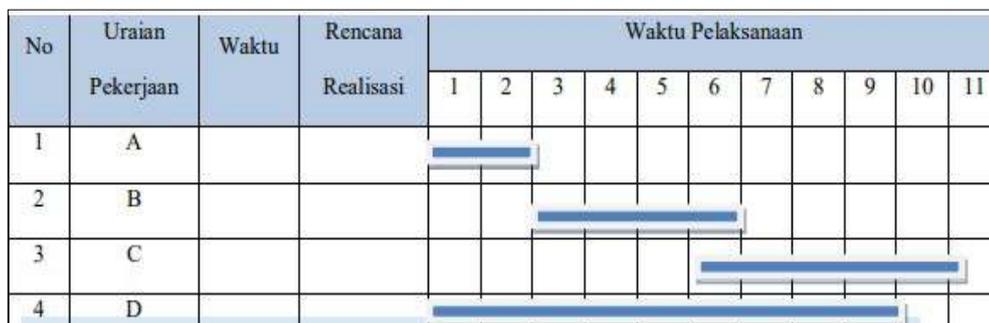
#### 2.14 Perencanaan Jadwal Waktu Pelaksanaan

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 8 Jam).

##### 2.14.1 Diagram Bar Chart

Diagram batang (*Bar chart*) atau *grant chart* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, sedangkan kolom arah horisontal menunjukkan skala waktu. Saat dimulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang (*Bar Chart*).

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*Bar Chart*) atau *gant chart*. Diagram batang digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah pembuatannya, dan mudah dimengerti oleh pemakainya.



Gambar 2.11 Penjadwalan dengan diagram *Bar Chart* (sumber : Evrianto 2005)

### 2.14.2 Kurva – S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan (*actual*) progress pekerjaan dari setiap kegiatan. Dengan kurva S dapat diketahui progress pada setiap waktu, progress tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan (*actual*).



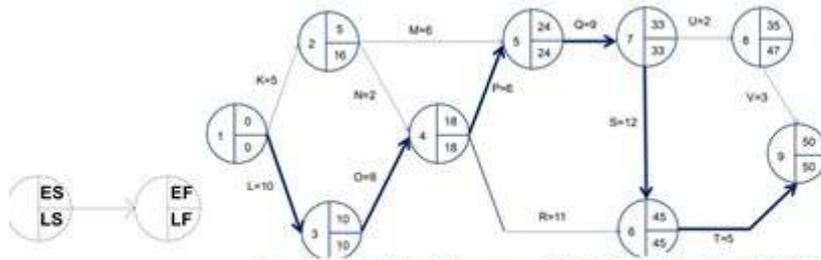
Gambar 2.12 Kurva S (Sumber : Google)

### 2.14.3 Critical Path Method (CPM)

Aturan dasar CPM atau AOA mengatakan bahwa suatu kegiatan boleh dimulai setelah pekerjaan terdahulu (*predecessors*) selesai. *Critical Path Method* (CPM) adalah metode berdasarkan jaringan yang menggunakan keseimbangan waktu-biaya linear. Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian, jika waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit". Dalam operasionalnya CPM (*Critical Path Method*) adalah suatu metode dengan menggunakan diagram anak panah, yang terdiri dari dibagian antara lain :

- Anak panah biasa  $\longrightarrow$   
Menunjukkan suatu kegiatan dikerjakan secara normal
- Anak panah Tebal  $\longrightarrow$   
Menunjukkan suatu kegiatan kritis yang perlu diperhatikan
- Anak panah putus-putus  $\cdots\cdots\cdots\longrightarrow$   
Menunjukkan kegiatan dummy

Berikut contoh diagram CPM dapat dilihat pada gambar 2.13



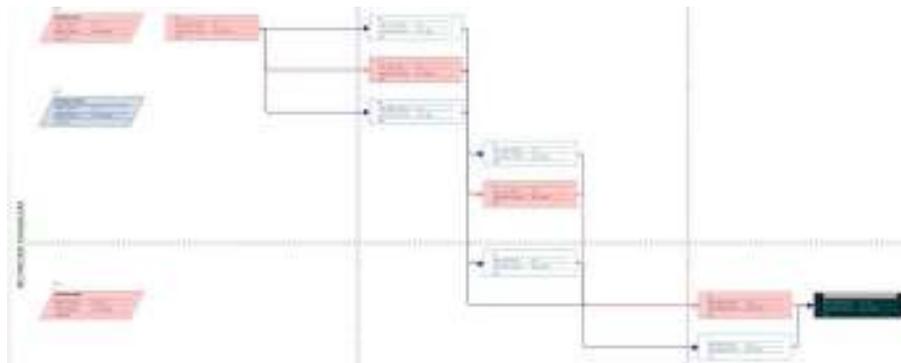
Gambar 2.13 Diagram Critical Method (CPM)  
 (Sumber : Donal S.Barrie, Boyd C. Paulson, Jr., dan Sudinarto 1990)

Dimana:

- ES = *Early Start* (Mulai Paling Awal)
- EF = *Early Finish* (Selesai Paling Awal)
- LS = *Last Start* (Mulai Paling Lambat)
- LF = *Last Finish* (Selesai Paling Lambat)
- TF = *Total Float* (Pengembangan Total)

### 2.14.4 Network Diagram

Jaringan kerja merupakan penyempurnaan dari metode bagan balok. Pada jaringan kerja, telah terjawab pertanyaan-pertanyaan seperti seberapa lama kurun waktu penyelesaian proyek tercepat, kegiatan mana yang bersifat kritis dan non kritis.



Gambar 2.14 Network Diagram Menggunakan Microsoft Project  
 (Sumber : Google)

### 2.15 Identifikasi Jalur Kritis

Jalur kritis adalah jaringan kerja yang memiliki waktu pelaksanaan pekerjaan terpanjang dari kejadian yang saling ketergantungan, apa bila salah satu kegiatan didalam jalur kritis terganggu, maka otomatis semua yang berada didalam jalur kritis akan terganggu. Untuk perhitungan jalur kritis

dapat menggunakan hitungan maju dan hitungan mundur menurut (*Iman Soeharo: 1995:246*),

Menurut Husen (2009) ada 4 macam konstrain yaitu:

- a. *Finish to Start* (FS) adalah kondisi dimana mulainya suatu kegiatan bergantung pada selesainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu mendahului atau lead.
- b. *Start to Start* (SS) adalah kondisi dimana suatu pekerjaan dapat dimulai secara bersamaan.
- c. *Finish to Finish* (FF) adalah kondisi dimana suatu pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu yang sama.
- d. *Start to Finish* (SF) adalah kondisi dimana selesainya suatu pekerjaan bergantung pada mulainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu tunggu lag.

Dengan adanya parameter yang bertambah (*konstrain*), perhitungan untuk mengidentifikasi jalur kritis akan jadi lebih kompleks karena semakin banyak faktor yang perlu diperhatikan. Berikut perhitungan yang harus di perhatikan dalam mengidentifikasi jalur kritis.

#### 1. Hitungan Maju

Bertujuan untuk menghasilkan waktu paling awal mulai (*ES = Early Start*) dan waktu paling awal selesai (*EF = Early Finish*) kegiatan dan mendapatkan kurun waktu penyelesaian proyek. Berikut rumus dalam penentuan waktu ES dan EF.

$$ES(i) = ES(i) + SS \quad (2.1)$$

$$ES(i) = ES(i) + SF - D(j) \quad (2.2)$$

$$ES(i) = EF(i) + FS \quad (2.3)$$

$$ES(i) = EF(i) + FF - D(j) \quad (2.4)$$

$$EF(j) = ES(j) + D(j) \quad (2.5)$$

Keterangan :

- (i) = Kegiatan Terdahulu  
(j) = Kegiatan yang sedang di tinjau  
D = Durasi

## 2. Hitungan Mundur

Bertujuan untuk menentukan waktu paling akhir mulai ( $LS = Lastest Start$ ) dan waktu paling akhir selesai ( $LF = Lastest Finish$ ) kegiatan dan menentukan nilai kurun waktu Total Float. Berikut rumus dalam penentuan LS, LF dan Total Float.

$$LF(i) = LF(j) - SS + D(j) \quad (2.6)$$

$$LF(i) = EF(j) - FS - D(i) \quad (2.7)$$

$$LF(i) = LS(j) + FS \quad (2.8)$$

$$LF(i) = LF(j) + FF \quad (2.9)$$

$$LS(j) = LF(i) - D(j) \quad (2.10)$$

$$TF(j) = LF(j) - ES(j) - D(j) \quad (2.11)$$

Keterangan :

- (i) = Kegiatan Terdahulu
- (j) = Kegiatan yang sedang di tinjau
- D = Durasi

Jalur dan kegiatan kritis memiliki sifat sama seperti CPM/AOA, yaitu:

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama  $ES = EF$
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama  $EF = LF$
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal  $LF - ES = D$
4. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis
5. Total Float = 0

Selain menggunakan perhitungan Hitungan maju dan hitungan mundur,identifikasi jalur kritis juga dapat menggunakan aplikasi *miscrosoft projet*. Pada penelitian kali ini perhitungan jalur kritis menggunakan aplikasi *miscrosoft project*.

## **2.16 Critical Chain Project Management (CCPM)**

### **2.16.1 Latar belakang Critical Chain Project Management**

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

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

1. Mengidentifikasi batasan sistem.
2. Memutuskan bagaimana cara memanfaatkan batasan sistem.
3. Turunkan yang lainnya kepada keputusan tersebut.
4. Naikan batasan sistem.
5. Kembali ke langkah awal dan tidak membiarkan keterlambatan yang menyebabkan batasan system.

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

### **2.16.2 Prosedur *Critical Chain Scheduling***

Metode *Critical Chain Project Management* didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian-kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan satu sama lain. Persyaratan dalam metode *Critical Chain Project Management* ini adalah tidak adanya *Multitasking*, *Student's Syndrome*, *Parkinson's law*, *As late as possible*, menghilangkan *hidden safety* dan memindahkannya dalam bentuk *buffer* dibelakang proyek, dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek. Sehingga pekerjaan yang dilaksanakan dapat memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan. Metode CCPM ini yaitu dengan memotong 50% duration pekerjaan sebelumnya untuk dapat memperoleh hasil efisiensi dengan metode *critical chain project management*

keseluruhan Filosofi CCPM terdiri dari lima(3) bagian, yaitu:

1. Perkiraan waktu tiap aktivitas
2. Mendefinisikan dan menghitung Jalur Kritis
3. Mendefinisikan, menempatkan dan menentukan besarnya *buffer*

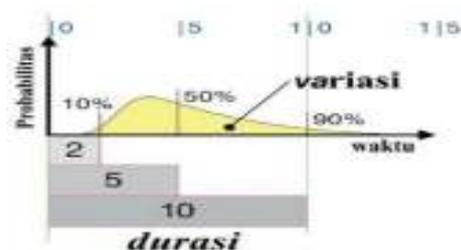
Menurut Kasidi (2008), Proses utama dalam menerapkan penyangga/*buffer* di dalam proyek proyek konstruksi adalah:

- a. Rencanakan jadwal konstruksi menggunakan pendekatan CPM/PDM
- b. Identifikasi dan estimasi waktu pengaman untuk masing-masing aktifitas
- c. Potong setengah waktu perkiraan pengerjaan dengan probabilitas 50% dengan menggunakan metode *Cut and Paste (C&PM)* dengan memindahkan waktu pengaman untuk masing-masing aktifitas
- d. Jadwalkan waktu mulai pelaksanaan awal
- e. Yang berada pada jalur tidak kritis ke waktu mulai pelaksanaan paling akhir (*As Late As Possible*) dalam hubungan ketergantungan dengan jalur kritis
- f. Pisahkan sumber daya yang mengalami konflik
- g. Identifikasi jaringan yang kritis (jaringan yang terpanjang waktu pelaksanaannya) dari kejadian yang saling ketergantungan

- h. Sisikan *Buffer* Proyek. Masukkan waktu pengaman (*buffer* proyek) separuh waktu pengerjaan proyek yang diambil dari masing-masing pekerjaan rantai kritis
- i. Tambahkan atau sisipkan feeding *buffer* di suatu jaringan yang tidak kritis pada dalam
- j. hubungan ketergantungan dengan jaringan kritis Tempatkan atau sisipkan *buffer* sumber daya untuk memastikan aktifitas tersebut ketersediaan sumber daya.

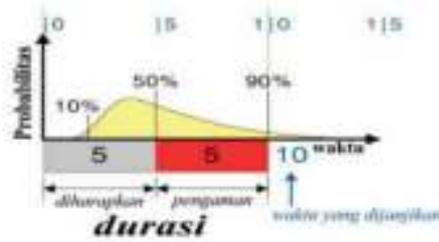
### 2.16.3 Estimasi Waktu Pengaman

Menurut Kasidi (2008) dalam Leach (2000), Dalam mengestimasi durasi proyek harus didasarkan pada pengalaman perencana, dimana kebanyakan dari perencana penjadwalan cenderung untuk menambahkan durasi keamanan yang tersembunyi ke dalam penilaian-penilaian mereka untuk setiap ketidakpastian pada kinerja actual.



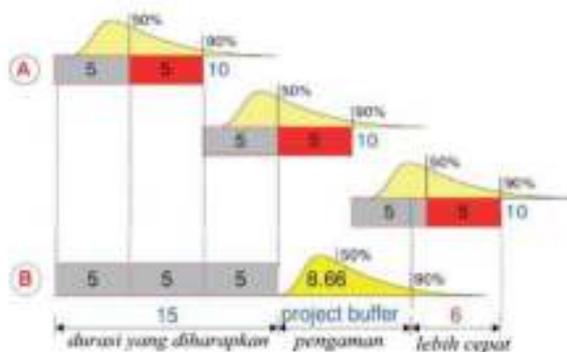
Gambar 2.15 Estimasi Variasi Pekerjaan  
(sumber : Richard,2003)

Seperti yang diperlihatkan di dalam Gambar 2.15 ada kemungkinan 10% menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 5 hari, dan kemungkinan 90% menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 10 hari. Jika diambil estimasi sembilan diantara sepuluh hari, lalu perkiraan yang diambil tidak 50% kemungkinan waktu yang diharapkan, tetapi 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan. Hal inilah yang kemudian orang gunakan ketika diminta untuk mengestimasi suatu pekerjaan .



Gambar 2.16 Estimasi Variasi Pekerjaan  
(Sumber : Richard,2003)

Seperti yang diperlihatkan didalam Gambar 2.16 Untuk memenuhi waktu penyelesaian pekerjaan yang telah dijanjikan, maka seseorang memberi waktu keamanan yang signifikan untuk memberikan perlindungan pada waktu pelaksanaan karena ia harus mempertimbangkan kondisi kerja aktual termasuk banyaknya berbagai pekerjaan mendesak yang akan timbul atau pekerjaan tersebut bisa menjadi lebih sulit dibanding kelihatannya ketika dilakukan, dan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak terduga. Seperti pada umumnya, kebanyakan *software* penjadwalan memperkirakan 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan dan sekitar separuh jangka waktu itu adalah waktu keamanan atau perlindungan untuk memastikan pekerjaan tersebut dapat selesai tepat waktu.



Gambar 2.17 Perbedaan waktu pengaman pada tiga proyek  
(Sumber : Richard,2003)

- A. suatu proyek dengan tiga pekerjaan serupa dengan waktu yang dijanjikan 10 hari termasuk keamanan di masing-masing pekerjaan. Manager proyek mencoba untuk memastikan bahwa proyek dapat

selesai tepat waktu dengan menjaga setiap pekerjaan agar selesai tepat pada waktunya.

- B. penjadwalan yang menggunakan metode *Critical Chain Project Managemen*.

#### **2.16.4 Student's Syndrome**

*Student Syndrom*, dapat diilustrasikan sebagai berikut seorang dosen memberikan tugas kelas yang harus selesai dalam 1 Minggu kepada para mahasiswanya. Kemudian para mahasiswa protes dan mengatakan bahwa tugas tersebut sangat berat dan mereka membutuhkan lebih banyak waktu untuk mengerjakannya.

Dosen tersebut setuju dan memberi tambahan waktu. Kemudian, ketika Mahasiswa melihat kembali bagaimana mereka dapat mengerjakan tugas itu dengan tambahan waktu yang diberikan, mereka berpikir bahwa mereka memiliki cukup banyak waktu yang aman untuk mengerjakan sehingga mereka menetapkan awal pengerjaan sampai pada menit-menit terakhir.

#### **2.16.5 Parkinson's Law**

*Parkinson's Law* adalah kecenderungan seorang pekerja untuk menghabiskan waktu pekerjaannya walaupun dia dapat menyelesaikan pekerjaan itu sebelum waktunya. Jika sebuah aktifitas di estimasi untuk mendapatkan durasi yang direncanakan, biasanya dia tidak mengambil lebih sedikit dari durasi tersebut (Leach, 2000).

#### **2.16.6 Multi- tasking**

Kebanyakan dari kita bekerja dalam lingkungan *multi-project*. Kita mungkin pernah mengalami menghentikan kerja pada satu tugas untuk dapat menyelesaikan tugas dari proyek lain. sering kita bertanya-tanya apakah tindakan lompat sana-sini sudah benar karena mengakibatkan kurang fokus dan tidak efisien.

### **2.16.7 Penjadwalan Selambat Mungkin (*As Late As Possible*)**

Dalam penjadwalan *Critical Path* tradisional, tugas-tugas dijadwalkan secepat mungkin (ASAP) dari tanggal proyek dimulai. Penjadwalan ini menempatkan kerja sedekat mungkin dengan awal dari jadwal kita. Dalam perencanaan *Critical Chain*, tugas-tugas dijadwalkan selambat mungkin (ALAP) berdasarkan tanggal akhir target. Penjadwalan ALAP ini menempatkan kerja sedekat mungkin dengan akhir skedul kita. Ada banyak manfaat yang diperoleh dengan menunda pelaksanaan proyek selambat mungkin, dan satu kekurangan. Menunda kerja selama mungkin memiliki banyak keuntungan. Dengan menggunakan analogi produksi, kita meminimalisir *work-in-progress* (WIP) dan tidak mengeluarkan dana lebih cepat dari yang dibutuhkan. Dari sudut pandang manajer proyek, lebih baik untuk fokus pada awal proyek yang kritis karena tidak terlalu banyak kerja awal untuk dimulai. Yang paling penting, secara menyeluruh, pengetahuan kerja, semakin lama kita bekerja dalam proyek semakin banyak pengetahuan kita akan bertambah.

### **2.17 Manager Buffer**

Menurut Kasidi (2008) dalam Harold (2006) Manajemen *Buffer* adalah kunci untuk mengatur aktifitas pada rantai kritis jadwal proyek. Metodologi rantai kritis tidak dapat terlaksana tanpa manajemen *buffer*. Ada tiga macam ke tidak pastian waktu aktifitas, ke tidak pastian waktu alur, dan ke tidak pastian sumber daya (Leach, 2000). Untuk mengatur ke tidak pastian di dalam proyek-proyek konstruksi maka digunakan manajemen *buffer* untuk membuat penilaian atas kebutuhan dari *buffer* pada setiap aktifitas. Di dalam metode *Critical Chain Project Management*, *buffer* ditambahkan pada durasi yang digunakan pada penjadwalan proyek untuk melindungi *critical chain* bagi suksesnya proyek. *Buffer* yang digunakan di dalam *critical chain* adalah sebagai berikut:

1. *Project Buffer*

Pada akhir rantai kritis, terdapat penyangga yang diletakkan pada akhir *critical chain*, dimana besarnya ditentukan 30-50% panjang *critical chain*. Namun karena standar deviasi buffer tidak terlalu lebar, maka penentuannya dilakukan dengan menjumlahkan buffer pada masing-masing aktivitas di lintasan kritis. Besarnya buffer proyek yang terbentuk pada setiap proyek berbeda, meskipun ketiganya memiliki struktur yang hampir *identic*.

2. *Feeding Buffer*

*Feeding buffer* adalah untuk melindungi dan menjaga kinerja aktifitas jaringan *critical chain* dari perubahan karena ketidak pastian jadwal di dalam aktifitas dari jaringan-jaringan yang tidak kritis sehingga tidak mengganggu aktifitas di dalam jaringan kritis dalam hubungan ketergantungan. Hanya ketika 100% dari *feeding buffer* dihabiskan untuk mengerjakan pekerjaan pada rantai yang tidak kritis baru akan berpengaruh pada *critical chain* dan *project buffer*. *Feeding buffer* ditempatkan pada persimpangan (sambungan-sambungan) antara rantai yang tidak kritis dengan *critical chain*.

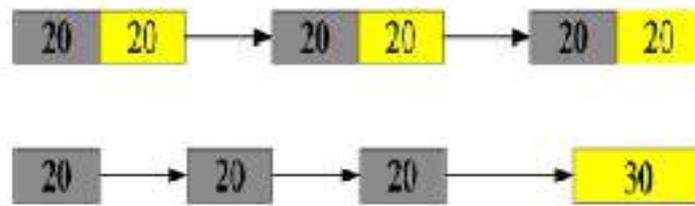
### **2.17.1 Metode Pengukuran *Buffer***

Menurut Herroelen (2001), di dalam literature, metode pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan ukuran *buffer* yang sederhana untuk menentukan buffer proyek dan feeder buffer yaitu Cut and Paste Method (C&PM juga disebut 50% aturan) dan *RSEM (Root Square Error Method)*.

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

C&PM merupakan aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam C&PM pada dasarnya memotong 50% dari durasi untuk semua aktivitas, dan untuk melekatkan buffer proyek dengan separuh durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai, seperti halnya untuk melekatkan *buffer* pengisi dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada jalur yang

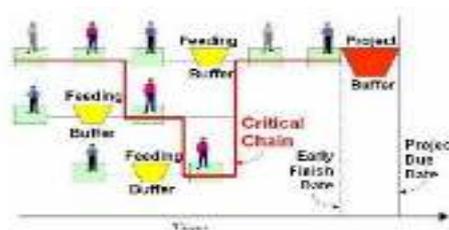
tidak rantai kritis (*non critical chain*) yang membawa kepada rantai kritis. (Ryan Ramanda dan Ary Arvianto, 2015).



Gambar 2.18 Perhitungan *buffer C&PM*

(Sumber : Leach, 2000)

*Feeding Buffer* terletak pada rangkaian *non critical chain*, atau disebut dengan bukan rantai krisis. *Buffer* di sini dimaksud untuk menjaga rantai *critical chain* dari pengaruh variasi rantai non kritis tadi. Pada rangkaian CCPM yang baru dibentuk dengan durasi tanpa aktivitas cadangan, diteruskan dengan penempatan *buffer*, yang diimbangi dengan membuat stabil beban pekerja terlebih dahulu. Pada perencanaan dengan menggunakan metode ini, *feeding buffer* diletakkan pada tiap akhir rantai non kritis yang akan menuju rantai kritis. Berikut perhitungan besaran *feeding buffer*. *Project Buffer* terletak pada akhir rantai kritis, terdapat penyangga yang diletakkan pada akhir *critical chain*, Perhitungan besaran *project buffer* diletakkan pada akhir rantai. Namun karena standar deviasi *buffer* tidak terlalu lebar, maka penentuannya dilakukan dengan menjumlahkan *buffer* pada masing-masing aktivitas di lintasan kritis. Besarnya *buffer* proyek yang terbentuk pada setiap proyek berbeda, meskipun ketiganya memiliki struktur yang hampir identik. Berikut perhitungan besaran *project buffer*.



Gambar 2.19 *Feeding Buffer Dan Project Buffer*

(Sumber : Ryan Ramanda dan Ary Arvianto, 2015)

2. *Root Square Error Method (RSEM)*

(Leach, 1999) Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam (RSEM) memerlukan 2 estimasi durasi tugas, pertama estimasi aman (S) mempunyai cukup pengaman untuk melindungi dari semua kemungkinan besar sumber keterlambatan, dan yang kedua estimasi rata-rata (A). ukuran *buffer* ditetapkan sebagai 2 standar deviasi.

$$B = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S_1 - A_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2 - A_2}{2}\right)^2 \dots + \left(\frac{S_n - A_n}{2}\right)^2} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$b$  = *buffer time*

$S_i$  = waktu kegiatan yang memiliki *safety time*

$A_i$  = waktu kegiatan setelah *safety time* dipotong

$n$  = banyak kegiatan pada rantai kritis

### 2.18 Peraturan Jam Kerja

Berdasarkan undang-undang ketenaga kerjaan, mengenai jam kerja bagi para pekerja disektor swasta diatur dalam pasal 77 ayat (1) dan (2) UU No.13/2003 jo. UU No.21/2020 dan pasal 21 ayat (2) peraturan pemerintah No.35/2021 mewajibkan setiap pengusaha untuk melaksanakan ketentuan jam kerja. Ketentuan jam kerja ini telah diatur didalam 2 sistem seperti yang disebutkan diatas yaitu :

- a 7 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 6 hari kerja dalam 1 minggu, atau
- b 8 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu

Dalam menghitung waktu penyelesaian pekerjaan dan berapa lama/hari menyelesaikan suatu pekerjaan,dapat dibuat permisalan sebagai berikut :

a Menghitung berapa hari pekerjaan dapat diselesaikan

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{h_i}}{7} \quad (2.13)$$

Atau dapat juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui berapa hari pekerjaan dapat diselesaikan dengan cara :

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{h_i} \quad (2.14)$$

Keterangan :

n = Jumlah kegiatan

B = Berapa hari pekerjaan diselesaikan

### 2.19 Software Microsoft Project

Project adalah suatu paket program system perencanaan suatu proyek. Dengan bantuan program ini seorang pimpinan proyek akan dibantu untuk memperhitungkan jadwal suatu proyek secara terperinci pekerjaan demi pekerjaan. Kita dapat memperkirakan kapan sebuah proyek akan dapat diselesaikan jika pekerjaan dimulai hari ini. Jika proyek yang dikerjakan tersebut adalah sebuah proyek besar, maka *Microsoft Project* mampu menghubungkan antara satu subproyek yang saling berkaitan dan kemudian diolah dalam bentuk file. Tahapan-tahapan penggunaan aplikasi *miscrosoft project* sebagai berikut :

#### 1. Menyusun Jadwal

Untuk dapat menyusun jadwal proyek, dibutuhkan masukkan berupa daftar pekerjaan dan durasi waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing pekerjaan. Dalam *Microsoft Project* satu jenis pekerjaan dapat dikelompokkan lagi menjadi bagian-bagian kecil yang berupa tugas-tugas dengan rincian waktunya masing-masing. Setelah itu dilakukan penentuan tugas mana yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum tugas yang lainnya. *Microsoft Project* akan menghitung kebutuhan waktu total yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek serta akan merangkai kerangka jadwal menjadi satu kesatuan yang utuh.

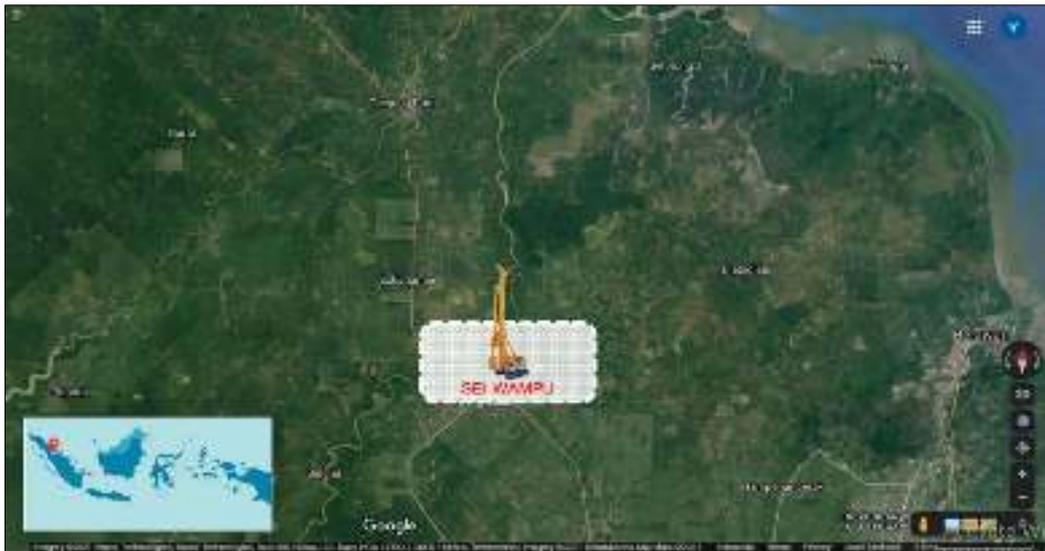
2. Memasukkan Personil dan Peralatan  
Setelah jadwal tersusun, proses selanjutnya adalah memasukkan data personil dan peralatan yang dibutuhkan untuk masing-masing tugas.
3. Menepatkan Jadwal  
Dengan menggunakan *software Microsoft Project*, proses evaluasi ulang dan pengoreksian jadwal yang telah tersusun akan sangat mudah dilakukan. Bila jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya akan mengakibatkan meleletnya pencapaian tujuan maka yang perlu dilakukan adalah menganalisa susunan pekerjaan, mengubah urutan pekerjaan atau meagsesuaikan durasinya. Setelah hal tersebut dilakukan *Microsoft Project* akan menyusun ulang jadwal secara seluruhan.
4. Publikasi Informasi Project  
*Microsoft Project* akan dengan mudah memperbarui informasi tentang proyek. Hal-hal khusus mengenai kemajuan proyek dapat ditampilkan dengan lebih baik menggunakan fasilitas yang ada dalam *Microsoft Project*, misalnya mengenai jadwal, laporan keuangan, tanggung jawab suatu tugas.
5. Pengontrolan Kemajuan Proyek  
Data-data baru mengenai kemajuan pelaksanaan tugas akan diproses oleh *Microsoft Project* sehingga kemajuan itu akan dapat menggambarkan persentase pekerjaan yang tefcih diselesaikan. Bila ada tugas yang pelaksanaannya tersendat-sendat, *Microsoft Project* akan segera memberi informasi tentang tugas yang sifatnya kritis ini, sehingga keseluruhan proyek tidak mengalami keterlambatan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

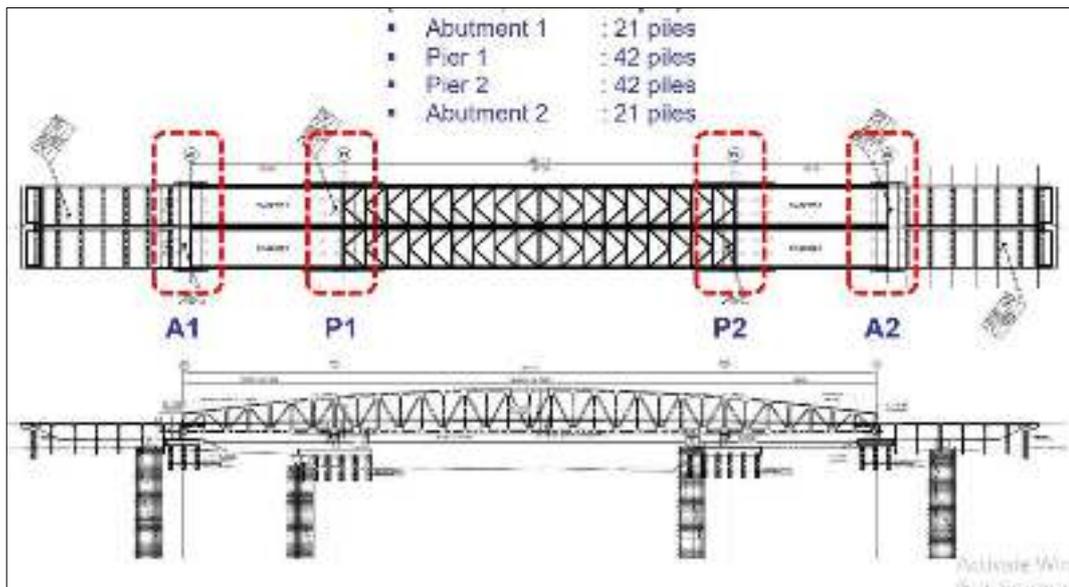
Data proyek yang dibahas pada penelitian ini adalah data pengeboran pada sebuah titik *pile cap* pada Pondasi Bore pile A2 dengan jumlah pile sebanyak 21 Titik. Dengan data sebagai berikut :



Gambar 3.1 Peta Lokasi  
(Sumber : PT.Indonesia Pondasi Raya Tbk)



Gambar 3.2 Situasi Lokasi Pekerjaan *Bore Pile*  
(Sumber : PT.Hutama Karya InsfrakTbk)



Gambar 3.3 Titik Pengeboran  
(Sumber : PT.Hutama Karya Tbk)

### 3.2 Gambaran Umum Proyek

Berikut data umum proyek pekerjaan *bore pile* Jembatan Sei wampu Binjai Pangkalan – Brandan :

1. Nama Proyek : Proyek Jembatan Jalan Tol Trans Sumatera Seksi : Binjai-Pangkalan Brandan
2. Lokasi Proyek : Sei Wampu Binjai-Pangkalan Brandan
3. Pemilik Proyek : PT. Utama Karya (Persero)
4. Kontraktor Pelaksana : PT. Utama Karya Insfraksruktur  
PT. Indopora (Persero)
5. Konsultant Pengawas : PT. Indah karya (Persero)  
PT. indra karya (Persero)
6. Kontraktor Penyelidikan Tanah : PT. Medan Geoteknik Dan Struktur

### 3.3 Metode Penelitian

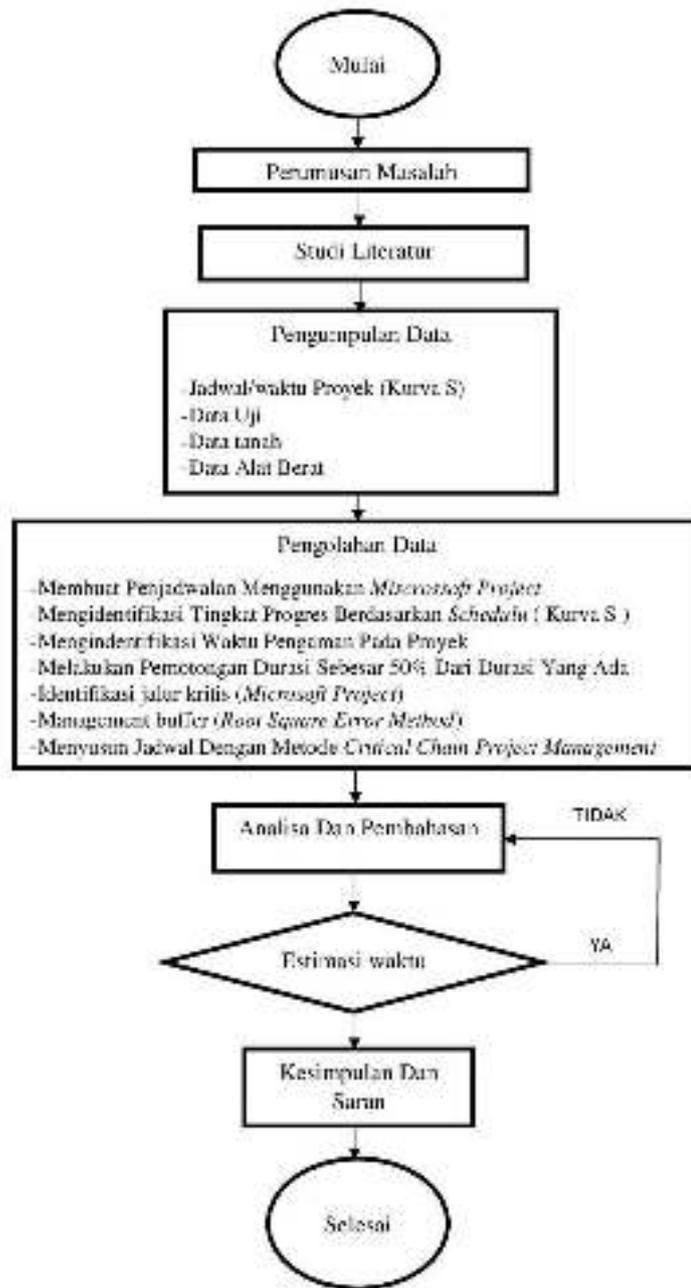
Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode CCPM dan sebagai perbandingan menggunakan metode perhitungan manual berdasarkan realisasi dilapangan, serta melakukan pengamatan. Metode *Critical Chain Project Management* didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian-kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan satu sama lain. Persyaratan dalam metode *Critical Chain Project Mangement* ini adalah tidak adanya *Multitasking*, *Student's Syndrome*, *Parkinson's law*, *As late as possible*, menghilangkan *hidden safety* dan memindahkannya dalam bentuk *buffer* dibelakang proyek, dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek. Sedangkan perhitungan manual secara logika yaitu menghitung sesuai dengan realisasi yang terlaksana dilapangan.

Untuk memudahkan perhitungan dan untuk kelengkapan kajian pustaka, maka analisis data dilakukan menggunakan aplikasi *miscrosoft project 2016* dan *miscrosoft excel*, serta beberapa literature dari buku dan jurnal mengenai management proyek. Pengumpulan data dilapangan dilakukan secara teliti dan memantau setiap pekerjaan yang ada, agar data yang diperoleh dapat akurat dan memenuhi kelengkapan data yang dibutuhkan.

Dalam memperoleh data yang dibutuhkan, maka langsung dimintakan kepada pihak kontraktor pelaksana atau pihak yang terkait didalam proyek tersebut. Ada beberapa data yang dibutuhkan didalam penelitian ini, data yang dibutuhkan antara lain, data umum proyek, kurva s, data laporan harian, data uji, data tanah, dan data alat berat. Data ini kemudian akan diolah, supaya dapat memperoleh hasil dari tujuan dari penelitian ini.

### 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 :



### 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 identifikasi waktu pelaksanaan dan kendala pada pekerjaan *bore pile*.

### **3.5.2 Studi Literatur**

Pada tahap Literatur yaitu mencari referensi teori atau bagian dari tahap persiapan sebagai landasan utama dalam menjelaskan langkah-langkah yang harus dilakukan (Manajemen konstruksi, teknik penjadwalan, metode *Critical chain Project manajement*)

### **3.5.3 Pengumpulan Data**

Pada tahap pengumpulan data yaitu mencari data umum proyek, jadwal proyek, data laporan harian, data uji, data tanah dan data alat berat. Tujuannya adalah untuk mengetahui perhitungan waktu dengan metode CCPM (*Critical Chain Project management*) dan untuk memperoleh pengendalian mutu proyek.

### **3.5.4 Pengolahan Data**

Tahap Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut :

- a. Membuat Penjadwalan Menggunakan Microsoft Project
- b. Mengidentifikasi Tingkat Progres Berdasarkan *Schedulu* ( Kurva S )
- c. Estimasi waktu pengaman menggunakan CCPM
- d. Melakukan Pemotongan Durasi 50%
- e. Identifikasi Jalur kritis setelah dilakukan metode CCPM
- f. *Manager buffer/ Root Square Error Method*
- g. Menyusun Jadwal dengan metode *critical chai project management*

### **3.4.5 Analisis Dan Pembahasa**

Pada tahap ini, penulis melakukan analisis dan pembahasan untuk menentukan apakah material yang digunakan sudah sesuai spesifikasi mutu yang baik yang direncanakan dan menentukan estimasi waktu.

### **3.4.6 Estimasi Waktu**

Pada tahap ini, penulis mentukan estimasi waktu yang diperoleh dari hasil analisis data apakah memperoleh efesiensi waktu atau tidak.

### **3.4.7 Kesimpulan Dan Saran**

Pada tahap ini, melakukan atau menarik kesimpulan dari hasil analisis yang diperoleh serta memberikan saran atau penilaian.