

## BAB II

### LANDASAN TEORI PENELITIAN

#### 2.1 Proyek Konstruksi

Sebuah proyek mengacu pada upaya yang terikat waktu dan sumber daya terbatas yang bertujuan untuk mencapai tujuan yang pasti, sedangkan konstruksi memerlukan perencanaan yang disengaja dan pendirian bangunan selanjutnya. Elemen utama dari sebuah proyek yang meliputi pengujian kelayakan, desain teknik, pengadaan, dan konstruksi adalah pelaksanaan proyek konstruksi. Berbagai jenis struktur, seperti bangunan, jalan layang, jalan tol, waduk, pelabuhan, dan banyak lagi, dapat dibangun. Seiring berjalannya waktu, sistem proyek menjadi semakin rumit dan berbelit-belit, sehingga membutuhkan alokasi sumber daya yang signifikan dalam hal tenaga kerja, peralatan, material, dan biaya yang terus meningkat.

Menurut *Dipohusodo, (1996)* menyatakan bahwa Sebuah proyek melibatkan pemanfaatan sumber daya secara efektif untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan tertentu, dengan tujuan akhir penyelesaian dalam jangka waktu yang telah disepakati. Proyek merupakan pemanfaatan sumber daya yang terbatas seperti individu, sumber daya, dan infrastruktur yang ditujukan untuk mencapai tujuan tertentu. Proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir (*PUPR, 2018*).

Upaya konstruksi melibatkan serangkaian tugas yang saling berga ntung yang bertujuan untuk mewujudkan tujuan tertentu (misalnya, mendirikan bangunan) sambil mematuhi batasan yang ditetapkan terkait dengan jangka waktu, biaya, dan keunggulan. Setiap kali ada proyek konstruksi, sumber daya yang diperlukan meliputi tenaga manusia, bahan bangunan, peralatan, metode pelaksanaan, keuangan, informasi, dan penyelesaian tepat waktu. (*PUPR, 2018*).

Ketika menjalankan proyek konstruksi, sangat penting untuk mempertimbangkan tiga faktor utama, yaitu jadwal proyek, biaya, dan tingkat keunggulan, menurut analisis Kerzner (2006). Secara keseluruhan, menjaga kualitas konstruksi adalah komponen fundamental yang harus ditegakkan secara konsisten sesuai dengan cetak biru. Meskipun demikian, adalah hal yang lumrah

jika proyek-proyek yang sebenarnya menimbulkan biaya tambahan dan mengalami kemunduran dalam hal waktu pelaksanaan. (Proboyo, 1999). Akibatnya, tingkat produktivitas dan keberhasilan yang diinginkan dalam tugas sering kali tidak tercapai. Akibatnya, pengembang mengalami penurunan keunggulan kompetitif dan kehilangan prospek pasar yang potensial. (Mora & Li, 2001).

Mereka yang bertanggung jawab atas pelaksanaan proyek konstruksi meliputi:

1. Pemilik Proyek (*Owner*)

Owner atau pemilik proyek yang berperan sebagai memberikan tugas sekaligus berwenang menentukan persyaratan dan pelaksanaan administrasi dokumen kontrak yang telah disetujui. Owner juga bertugas membiayai seluruh pekerjaan pembangunan proyek dari perencanaan dan pelaksanaan administrasi pada dokumen kontrak.

2. Kontraktor

Kontraktor atau pemborong adalah sebuah badan usaha yang mengupayakan suatu proyek yang ditunjuk melalui tender. pihak inilah yang akan menjelaskan proses rincian suatu perencanaan proyek yang akan menghubungkan pada pelaksanaan lapangan.

3. Konsultan Perencana

Konsultan perencana merupakan pihak yang sengaja ditunjuk oleh Owner/Pemilih proyek untuk melaksanakan pekerjaan proyek yang telah direncanakan. Konsultan perencana bisa berupa tugas perorangan atau badan usaha pembangunan baik pemerintah maupun swasta.

4. Konsultan Manajemen Konstruksi (MK)

Konsultan Manajemen Konstruksi atau sering disebut MK adalah suatu badan usaha yang ditunjuk oleh Owner/Pemilik proyek dari awal rencana proyek dari pemilihan Konsultan perencana dan Kontraktor kemudian melakukan pengendalian, pengawasan, dan pelaksanaan pekerjaan proyek.

## **2.2 Manajemen Proyek**

Menurut *George R. Terry, (1977)* menjelaskan bahwa Manajemen mencakup serangkaian kegiatan yang lazim dilakukan, yang terdiri dari

perencanaan, pengaturan, pergerakan, dan pengawasan. Tujuan dari semua tindakan ini adalah untuk memastikan dan mencapai tujuan atau sasaran melalui pemanfaatan semua sumber daya yang tersedia, yang mencakup sumber daya manusia dan non-manusia. Manajemen biasanya dibentuk oleh sebuah organisasi atau tim dengan tujuan untuk mencapai tujuan tertentu dalam jangka waktu tertentu. Tugas operasional manajemen melibatkan Perencanaan, Pengorganisasian, Pengarahan, Pergerakan, dan Pengendalian.

Dalam upaya gabungan, manajemen proyek melibatkan teknik untuk mengawasi proyek konstruksi dengan efektif dan efisien. Tujuan dari sistem ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proyek konstruksi di lapangan dengan menggabungkan teknik manajemen waktu, biaya, dan kualitas. Sebuah proyek adalah pekerjaan yang menantang dan rumit yang tidak didasarkan pada formula yang ditetapkan, dan harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu, memanfaatkan sumber daya yang dialokasikan dan mengikuti kriteria kinerja yang telah ditentukan, dengan tujuan memenuhi harapan pelanggan. (Larson, 2006).

Menurut *Dipohusodo, (1996)* Manajemen adalah upaya kohesif yang melibatkan partisipasi individu dalam suatu organisasi untuk mempertahankan, meningkatkan, mengatur, dan melaksanakan inisiatif yang diarahkan pada target tertentu dan terjadi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama. Sementara itu, proyek adalah upaya terstruktur yang bertujuan untuk mencapai target, sasaran, dan antisipasi penting sambil memanfaatkan sejumlah sumber daya keuangan dan aset yang dapat diakses yang harus diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan.

Pada setiap proyek konstruksi terdapat banyak risiko, semakin besar perencanaan proyek pembangunan semakin besar pula risiko yang akan dialami. Banyaknya keputusan pada pelaksanaan yang diambil memungkinkan banyaknya hambatan yang akan muncul dipertengahan proyek berlangsung. Sehingga untuk menghindari hal-hal yang akan menghambat Manajemen Konstruksi (MK) menjadi peranan penting untuk mempertimbangkan kemungkinan yang akan terjadi.

### 2.3 Alat Berat

Insinyur Sipil menggunakan alat berat sebagai sarana untuk membantu tenaga manusia saat membangun sebuah bangunan. Pentingnya alat berat tidak dapat diabaikan dalam manajemen proyek, terutama dalam hal proyek konstruksi yang luas. Alat berat digunakan dengan tujuan untuk membantu individu dalam pekerjaan mereka, sehingga memungkinkan pencapaian hasil yang lebih mulus dari hasil yang diinginkan dalam rentang waktu yang relatif lebih singkat. (Rostiyanti, S.F., 2002).

### 2.4 Tower Crane

Pada suatu pembangunan proyek tidak bisa terlepas dengan alat berat apalagi pada proyek pembangunan yang berskala besar. Alat berat pada proyek konstruksi banyak jenis salah satunya ialah Tower Crane. Tower Crane adalah mesin pengangkat bahan material proyek guna sebagai alat bantu untuk menghubungkan akses disuatu proyek.

Tower crane telah eksis sejak tahun 1920-an di Amerika. Perusahaan swasta Northwest Engineering pertama kali membuat Crawler Crane yakni mesin derek sederhana berupa sebuah katrol yang dipasang diatas rel. Kemudian, Crawler Crane yang lebih modern dengan perkembangan tenaga uap serta berbobot 15 ton dikembangkan dan dipasarkan secara luas sekitar tahun 1925. Penemuan yang mempermudah pekerjaan proyek ini terus mengalami pengembangan yang lebih canggih, hingga salah satu Crawler Crane yang dapat mengangkat material ribuan ton dikembangkan oleh perusahaan alat konstruksi dengan menggunakan tiang hidrolis buatan Hymac.

Mesin derek raksasa ini menjadi alat berat terbaik saat itu hingga kini di area konstruksi. Tower Crane menggunakan roda mirip milik tank sehingga tidak mudah terjebak di pasir atau tanah basah. Tower Crane memiliki bobot yang lumayan berat sehingga sangat sulit untuk dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya. Untuk memindahkan alat ini harus dibongkar satu-persatu sebelum akhirnya diangkut truk besar.

Menurut Rostiyanti, S.F, (2002) Tower Crane adalah alat berat yang dirancang untuk memindahkan material baik secara vertikal maupun horizontal,

terutama dalam situasi di mana ruang terbatas. Alasan di balik sebutan "Tower" adalah karena strukturnya yang terdiri dari rangka vertikal yang kokoh yang dipasang di platform di tanah dan rangka horizontal yang ditempatkan di bagian atas rangka vertikal. Rangka horizontal ini dapat berputar ke dua arah - x dan y. Peran utama Tower Crane adalah untuk menyebarkan pasokan konstruksi dan mesin ke arah vertikal dan horizontal.

Tower crane diklasifikasikan sebagai mesin elektromekanis karena beroperasi dengan menggunakan listrik sebagai sumber tenaganya. Sumber listrik dapat berupa PLN atau genset. Tujuan Tower Crane adalah untuk mengangkat komponen dan perlengkapan konstruksi, seperti beton, baja, dan generator, dari posisi yang lebih rendah ke puncak struktur menara dengan menggunakan mekanisme pengangkatan. Selain itu, Tower Crane memiliki kemampuan pengangkutan material dan bahan konstruksi secara horizontal (troli) berdasarkan panjang jib (lengan kerja). Tower crane ini juga memiliki komponen slewing yang memungkinkannya untuk melakukan revolusi 360 derajat. (Rostiyanti, S.F, 2008).

Tower Crane adalah pilihan ideal untuk membangun gedung-gedung tinggi, karena mengoptimalkan area lahan yang tersedia dan memungkinkan pekerjaan yang lebih cepat dan lebih efisien dibandingkan dengan pendekatan konvensional. Tower Crane adalah pemain kunci dalam mempercepat kemajuan proyek karena berfungsi sebagai pusat pengangkatan beban baik secara horizontal maupun vertikal, dan menyimpannya di lokasi alternatif melalui penggunaan mekanisme luffing, slewing, dan trolleying. Tower Crane memainkan peran penting dalam keberhasilan pelaksanaan proyek bangunan bertingkat tinggi, sehingga kinerjanya secara signifikan berdampak pada keseluruhan operasi proyek.

Sebelum memulai konstruksi, penting untuk memiliki rencana strategis untuk efisiensi biaya proyek, jadwal, dan durasi penggunaan Tower Crane. Dalam konteks pembangunan gedung bertingkat, Tower Crane biasanya digunakan untuk mengangkat berbagai material termasuk tulangan, pengecoran dan rangka baja, serta dinding pracetak dan unit listrik dan mekanik. Mengingat beban kerja Tower Crane yang ekstensif, perhitungan yang rumit sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi dan keefektifannya dalam pengoperasian.

### **2.4.1 Mekanisme Kerja Tower Crane**

#### **1. Mekanisme pengangkatan (*Hoisting Mechanism*)**

Perangkat khusus ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan beban. Mekanisme ini beroperasi dengan memanfaatkan motor penggerak untuk memutar drum baja, yang pada gilirannya menarik dan memanjangkan kabel baja. Setelah itu, drum akan ditransfer ke sistem katrol. Sebuah pengait akan ditempelkan pada ujung kaber baja, dengan tujuan untuk mengaitkan dan mengangkat mutatan. Untuk menjalankan tugas mengangkat dan menjatuhkan beban, seseorang perlu mengaktifkan motor penggerak yang menggerakkan silinder penggulung baja.

#### **2. Mekanisme Pemutar (*Slewing Mechanism*)**

Sistem ini memfasilitasi pergerakan rotasi beban, memungkinkan lengan derek berputar penuh sebesar 360°. Mekanisme ini berfungsi dengan memanfaatkan motor yang dihubungkan ke sistem roda gigi yang mengurangi kecepatan rotasi motor penggerak, sehingga menghasilkan lonjakan torsi. Unit slewing dan roda gigi disatukan di persimpangan lengan derek dan menara utama. Untuk mengaktifkan mekanisme rotasi, cukup aktifkan motor penggerak yang akan menggerakkan roda gigi.

#### **3. Mekanisme Pejalan (*Trolleying Mechanism*)**

Tujuan dari alat ini adalah untuk menggeser beban secara horizontal melintasi lengan derek, yang biasa disebut sebagai jib atau lengan kerja. Fungsi sistem ini melibatkan penggunaan penggerak bermotor, yang dihubungkan ke kabel baja yang dililitkan pada lengan mekanisme berjalan. Hal ini memudahkan proses menarik dan memperpanjang kabel. Lengan pengangkat dilengkapi dengan sistem Ouli yang dilengkapi dengan kabel baja yang ditempelkan padanya. Sebuah troli dipasang di ujung kabel ini, memfasilitasi pergerakannya di sepanjang lengan.

### **2.4.2 Jenis Tower Crane**

Menurut *Rostiyanti, S.F. (2008)* climbing crane, Tied in Tower Crane dan free standing crane adalah tipe dari Tower Crane statis. Berbagai jenis Tower Crane diantaranya adalah:

#### **1. *Free Standing Crane***

*Free Standing Crane*, yang terletak di atas pangkalan yang dibangun terkhusus untuknya. Fondasi yang dalam, seperti tumpukkan, digunakan jika tongkat harus sangat tinggi. Artinya, jika alas dapat menopang berat crane dan apaun yang diangkatnya, serta ayunan beban apapun yang disebabkan oleh angin, Ketinggian maksimum crane jenis ini adalah 100 m.

## 2. *Tied in Tower Crane*

Tower Crane yang memiliki ketinggian maksimal kurang dari 100 meter dan dapat berdiri sendiri. Derek yang memiliki kapasitas angkat lebih dari 100 meter memerlukan sambungan permanen ke bangunan. Agar derek mencapai ketinggian maksimum 20 m, tambat harus mampu menahan tekanan horizontal.

## 3. *Climbing Tower Crane*

Deret panjat adalah alternatif dari derek tradisional di area dengan ruang terbatas. Derek jenis khusus ini dipasang jauh ke dalam gedung, biasanya di tengahnya. Pengangkatan crane dapat terjadi melalui adanya hydraulic jacks atau dongkrak hidrolis.

### 2.4.3 **Komponen Utama Tower Crane**

Menurut *Kholil, (2012)* Adapun komponen-komponen bagian pada Tower Crane sebagai berikut:

#### 1. *Base* atau dasar

Dasar *Tower Crane* dipasang pada pondasi beton yang besar dan kuat. Pondasi inilah yang akan menopang *Tower Crane* dan beban yang bekerja pada *Tower Crane*.

#### 2. *Mast* atau tiang utama

*Mast* merupakan tiang vertikal yang berdiri diatas base atau dasar. Semakin cepat kecepatan angin pada suatu daerah, maka jumlah mast tidak boleh terlalu banyak sehingga *Tower Crane* tidak terlalu tinggi.

#### 3. *Jib*

*Jib* merupakan tiang horizontal yang berfungsi untuk menahan beban yang dibawa oleh mesin.

#### 4. *Counter Jib*

*Counter Jib* adalah tiang penyeimbang pada *Jib*.

#### 5. *Counterweight*

*Counterweight* merupakan beton yang dipasang pada ujung lengan pendak Tower Crane. Beton ini berfungsi sebagai pemberat sehingga menciptakan keseimbangan momen saat ada beban pada counter jib.

#### 6. *Trolley*

*Trolley* merupakan alat yang bergerak sepanjang jib yang digunakan untuk memindahkan material secara horizontal dan pada trolley tersebut dipasangkan hook(kait).

#### 7. *Tie Ropes*

*Tie Ropes* adalah kawat yang berfungsi menahan untuk jib supaya tetap dalam kondisi lurus 90° terhadap tiang utama.

#### 8. *Climbing Device*

*Climbing Device* merupakan alat untuk menambah ketinggian crane.

#### 9. *Slewing Ring*

*Slewing ring* berfungsi untuk memutar jib.

#### 10. *Hook*

*Hook* alat pengait beban yang terpasang pada trolley yang berfungsi untuk mengunci beban yang dikaitkan pada hook agar tidak terlepas dari hook.

#### 11. *Operator's Cab*

*Operator's Cab* adalah tempat operator mengoperasikan crane.

### 2.4.4 **Dasar Pemilihan Tower Crane**

Produsen Tower Crane telah menetapkan pedoman untuk operasi Tower Crane yang menentukan berat maksimum yang dapat diangkat oleh crane. Prinsip momen digunakan untuk menentukan berat maksimum yang dapat diangkat. Semakin kecil radius operasi yang dapat dicapai ketika mengangkat beban yang lebih berat dinyatakan oleh Rahman (2012). Jika material yang membutuhkan pengangkutan melebihi 85% dari kapasitas alat, berbagai faktor harus dipertimbangkan ketika menentukan kapasitas Tower Crane.

Pertimbangan berikut ini harus dipertimbangkan ketika memilih peralatan tower crane:

1. Spesifikasi alat berat yang didapat dari pabrik yang memproduksi alat.



2. Jenis pekerjaan serta gambaran umum pada proyek.
3. Pekerjaan persiapan pemasangan alat berat.
4. Perawatan dan pemeliharaan alat berat.
5. Faktor keamanan yang harus diperhatikan saat pengoperasian.
6. Kemampuan operator dalam menguasai pengoperasian alat berat.
7. Perencanaan anggaran biaya operasional alat berat.

#### **2.4.5 Penggunaan Tower Crane**

Menurut *Rostiyanti, S.F.,(2008) Tower Crane* berguna untuk mobilisasi material baik secara horizontal maupun vertikal. Adapun cara kerja pada tower crane sebagai berikut:

##### **1. Gerak Vertikal (*Hoist*)**

Gerakan vertikal berupa gerakan mengangkat dan menurunkan beban yang berfungsi untuk menggulung tali baja yang diatur oleh crane itu sendiri. Tali baja akan menggerakkan beban yang telah digantung pada kait (*hook*) yang bergerak naik dan turun.

##### **2. Gerak Horizontal (*Trolley*)**

Gerakan horizontal berupa gerakan berjalan atau berpindah menuju ke arah mendarat. Gerakan ini berjalan disepanjang rel yang terdapat di atas jib dan girder.

##### **3. Gerak Memutar (*Swing*)**

Gerakan memutar berupa putaran motor penggerak yang memutar di gigi jib, oleh karena ini jib dapat berputar ke arah kanan dan kiri dengan sudut 360°.

#### **2.4.6 Layout Tower Crane**

Pengaturan peralatan yang efisien di dalam area proyek dapat membantu mempercepat tugas-tugas proyek. Salah satu cara untuk mencapai hal ini adalah dengan memeriksa kondisi lokasi proyek dengan cermat, seperti rute mobilisasi peralatan, dan kemudian melanjutkan untuk merencanakan tata letak yang sesuai. Penempatan alat harus dioptimalkan agar dapat digunakan secara maksimal selama pelaksanaan proyek. Radius rotasi tower crane memungkinkannya menjangkau seluruh lokasi proyek, sehingga memudahkan penyelesaian tugas secara optimal.

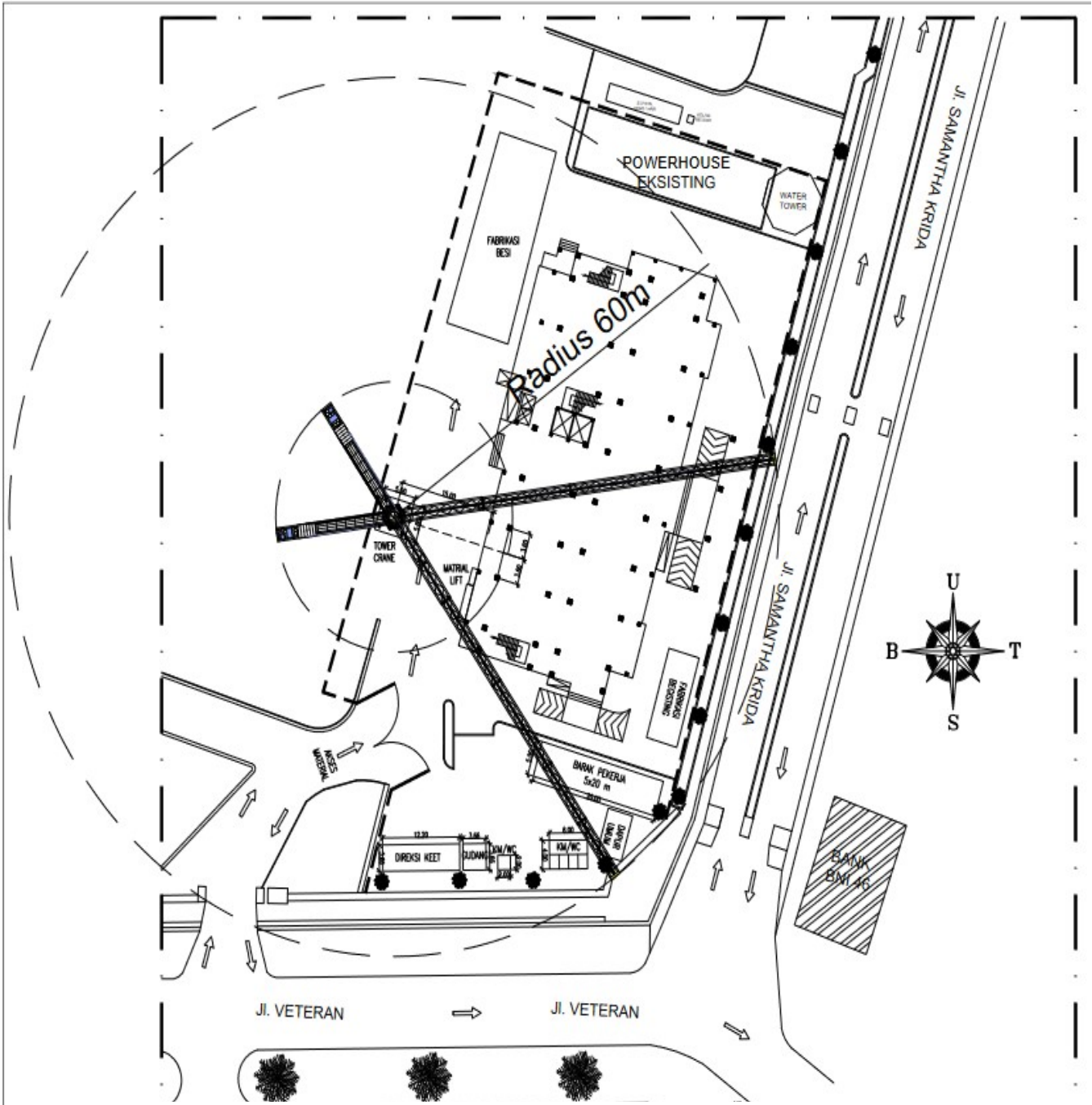
Menurut *Nugraha. dkk, (1985)* dalam menentukan tata letak alat tower crane harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut ini :

- Arah gerak atau lintasan tower crane sebaiknya sejajar dengan arah memanjang dari bangunan.
- Harus tersedia ruang cukup untuk proses pemindahan.
- Dengan ukuran tower crane yang minimum, radius dan tinggi dan dapat menjangkau 100 % area gedung.

Letak tower crane direncanakan sebagai berikut :

1. Letak crane tepat ditengah – tengah bangunan dari posisi memanjang, karena pada posisi tersebut tower crane dapat menjangkau 100 % area bangunan dengan jib radius yang minimum.
2. Tower crane berada di samping kanan bangunan dari tampak utara dengan free standing setinggi supaya tidak membentur bangunan lain pada saat proses kerja.
3. Jarak tower crane dari bangunan disesuaikan dengan data teknis pada proyek.





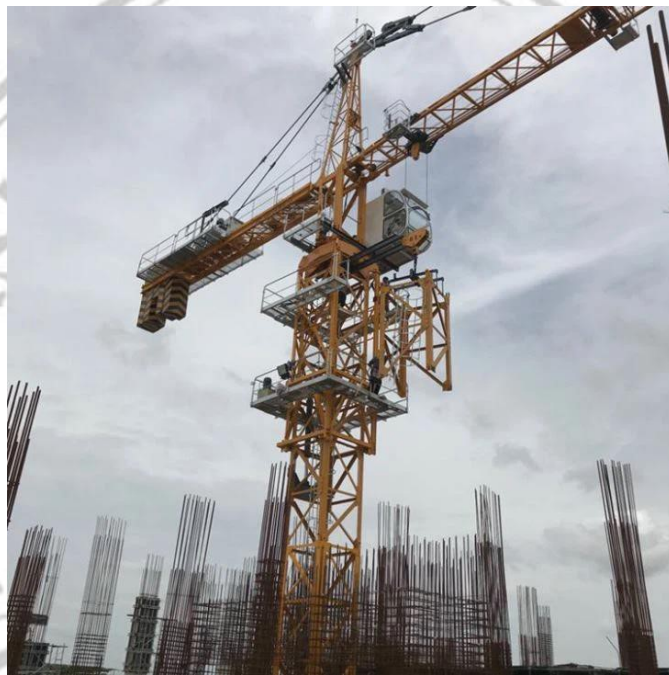
**Gambar 2. 1 Layout Denah Tower Crane**

Sumber: Data Proyek Fkg Ub 2023

**Tabel 2. 1 Spesifikasi Tower Crane merk XGT 160C**

		<i>Kec. Trolley (m/min)</i>		<i>Kec. Hoist (m/min)</i>		<i>Kec. Slewing (rpm)</i>	
<b>Jenis Tower Crane</b>	<b>Panjang jib (m)</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>
XGT 160C	50	45	57	77	60	0,7	0,7

*Sumber: Data Proyek Fkg Ub 2023*



**Gambar 2. 2 Tower Crane XGT 160C**

*Sumber: [www.hsh-crane.com](http://www.hsh-crane.com)*

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Tower Crane ZOOMLION TC 6520-10E**

		<i>Kec. Trolley (m/min)</i>		<i>Kec. Hoist (m/min)</i>		<i>Kec. Slewing (rpm)</i>	
<b>Jenis Tower Crane</b>	<b>Panjang jib (m)</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>	<b>Tercepat</b>	<b>Terlambat</b>
ZOOMLION TC 6520-10E	50	55	55	100	50	0,7	0,7

*Sumber: Data Proyek*



**Gambar 2. 3 Tower Crane ZOOMLION TC 6520-10E**

*Sumber : [www.hsh-crane.com](http://www.hsh-crane.com)*

### **2.5 Struktur Tulangan**

Merancang elemen struktur dengan faktor keamanan sangat penting untuk memastikan bahwa struktur bangunan dapat menahan beban tanpa regangan yang tidak semestinya. Baja diperlukan sebagai tulangan untuk menahan beban struktur bangunan yang terdiri dari beton bertulang. Kapasitas partikel tanah untuk menahan tekanan atau tegangan yang disebabkan oleh beban eksternal dikenal sebagai kekuatan geser. Untuk menghindari potensi bahaya keruntuhan geser, sangat penting untuk melakukan perencanaan yang matang saat mendirikan struktur beton bertulang.

Menurut Istimawan Dipohusodo, (1999) Retak terjadi pada beton ketika gaya tarik melampaui ambang batas tertentu. Material tidak mampu menahan tekanan tersebut. Kehadiran tulangan baja memberikan kemampuan yang diperlukan agar sistem struktur berfungsi secara efektif, karena secara aktif melawan gaya tarik yang dapat mengganggu operasi beton. Karakteristik penting dari tulangan baja yang digunakan dalam perhitungan desain beton bertulang terdiri

dari tegangan leleh ( $f_y$ ) dan modulus elastisitas ( $E_s$ ). (Istimawan Dipohusodo, 1999). Titik leleh baja mengacu pada tingkat tegangan dimana peningkatan tegangan lebih lanjut tidak mengakibatkan peningkatan regangan berikutnya. Dalam proses perencanaan beton bertulang, nilai tegangan leleh untuk baja tulangan biasanya sudah ditetapkan atau ditentukan pada awal perhitungan.

Berat pembesian adalah berat keseluruhan rangka pembesian yang diangkut dari fabrikasi ke titik tujuan letaknya. Adapun berat pembesian ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$W = L (m) \times \rho (kg/m) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$W$  = Berat pembesian (kg)

$L$  = Panjang pembesian (m)

$\rho$  = Berat Jenis Besi (2985 kg/m)

### 2.5.1 Kolom

Kumpulan beton dan bresing terdiri dari kerangka bagian dalam kolom. Besi dan beton unggul dalam menahan berbagai bentuk tekanan. Besi memiliki kemampuan alami untuk menahan gaya tarik, sedangkan beton unggul dalam menahan tekanan. Struktur ini mampu menahan tekanan tekan dan tarik yang diberikan di dalam bangunan. Kolom adalah elemen penahan beban penting yang secara signifikan berkontribusi pada keseluruhan integritas struktur. Oleh karena itu, kegagalan atau keruntuhan kolom dapat menimbulkan konsekuensi bencana yang menyebabkan runtuhnya bangunan. (Sudarmoko, 1996).

Menurut SK SNI T-15-1991-03, Menurut definisi ini, kolom adalah elemen struktur penting dalam bangunan yang terutama berfungsi untuk menahan beban aksial tekan vertikal. Namun, kolom hanya dapat melakukannya jika tingginya tidak lebih dari tiga kali lebih kecil dari dimensi lateral terkecilnya untuk menghindari ketidakstabilan struktural yang potensial. Rangka struktural biasanya mencakup kolom, yang merupakan batang vertikal yang menanggung beban batang horizontal dan tangguh, yang umumnya dikenal sebagai balok. Pengulangan yang cerdas: Memanfaatkan perpaduan kedua bahan ini dalam kerangka beton memungkinkan kolom, dan fitur struktural lainnya seperti balok dan sloof, untuk

menahan dan menanggung gaya tekan dan tarik yang diberikan pada bangunan. (Chairil Anwar, S.ST, 2014).

Menurut SNI-03-2874-2002 Ketika merencanakan kolom, ada empat ketentuan yang harus dipertimbangkan dalam hal perhitungan. Ini termasuk memastikan bahwa kolom mampu mendukung beban aksial terfaktor yang terjadi di semua area. Desain, kerangka, dan gaya-gaya atap yang disebabkan oleh beban hidup dan statis, termasuk momen-momennya, dapat diantisipasi dan diperhitungkan sejak awal.

Menurut Istimawan Dipohosudo, (1994) kolom beton bertulangn memiliki jenis-jenis untuk membedakannya, yaitu sebagai berikut:

1. Kolom Ikat (*Tie Column*)

Kolom ini terbuat dari beton dan ditopang oleh tulangan utama memanjang. Kolom ini juga memiliki sengkang pengikat lateral pada interval tertentu untuk meningkatkan kekuatannya. Sokongan tambahan ini mengamankan tulangan utama yang diperpanjang, mencegahnya keluar dari posisinya. Penampang kolom dapat bervariasi antara bujur sangkar dan persegi panjang. Kolom berbentuk persegi panjang banyak digunakan karena kemudahan produksi, desain yang tidak terlalu rumit, dan fungsionalitas yang unggul dalam memanfaatkan tulangan longitudinal saat dikenai beban momen lentur, sehingga menjadi pilihan yang lebih disukai daripada jenis lainnya.

2. Kolom Spiral (*Spiral Column*)

Kolom yang menggunakan pengikat spiral sebanding dengan desain awal, tetapi sebagai pengganti pengikat tulangan longitudinal lurus, digunakan pengikat tulangan berbentuk spiral. Pengikat ini dililitkan secara terus menerus di sekeliling kolom, membentuk heliks. Penggunaan tabung spiral pada kolom membantu meningkatkan kemampuannya untuk menahan deformasi dan menghindari keruntuhan. Hal ini sangat penting untuk mencegah kerusakan pada seluruh struktur sebelum terjadi redistribusi tegangan dan momen.

3. Kolom Komposit (*Composite Column*)

Struktur kolom komposit menggunakan gelagar baja atau pipa untuk memperkuat komponen struktur tekan dalam arah memanjang. Struktur ini dapat

menggunakan tulangan longitudinal atau tidak. Biasanya, bentuk ini digunakan ketika kolom bertulang biasa menghasilkan struktur yang cukup besar karena beban yang signifikan dan keinginan untuk membatasi ukuran kolom.

### **2.5.2 Balok**

Balok merupakan bagian dari struktur gedung dengan arah horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan momen menuju struktur kolom. Balok menjadi elemen lentur pada struktur gedung yang dominan memikul gaya geser dan momen lentur. Adapun jenis-jenis struktur balok sebagai berikut:

#### **1. Balok Sederhana**

Balok dasar ditopang pada kolom di setiap ujungnya. Di sini, salah satu ujungnya dapat dengan bebas berputar tanpa ada gaya yang berlawanan. Balok khusus ini sangat mirip dengan struktur stasioner lainnya..

#### **2. Kantilever**

Kantilever mengacu pada balok yang diproyeksikan atau struktur kaku yang ditopang oleh ujung tetap tunggal. Dalam konteks yang berbeda, balok khusus ini dapat berguna untuk menahan beban pada ujungnya yang tidak ditopang.

#### **3. Balok Teritiasan**

Balok teritiasan adalah balok sederhana yang memanjang. Salah satu kolom penyangga ditembus oleh balok tunggal.

#### **4. Balok dengan Ujung Tetap**

Balok yang memiliki ujung tetap biasanya disebut sebagai balok berujung tetap karena kekokohnya. Selain itu, balok ini didesain untuk menahan gerakan apapun, baik dalam hal geser maupun belokan.

#### **5. Bentangan Tersuspensi**

Bentangan tersuspensi adalah bentuk balok dasar yang ditopang oleh pemisahan dua bentang melalui konstruksi yang dihubungkan dengan pin pada momen nol.

#### **6. Balok Kontinu atau Balok Menerus**

Balok dengan bentuk kontinu yang membentang melintasi lebih dari dua kolom penyangga dikenal sebagai balok kontinu.



### 2.5.3 Pelat

Komponen bangunan horizontal yang dikenal sebagai pelat bertanggung jawab untuk menopang beban hidup dan beban mati dan kemudian memindahkannya ke elemen vertikal struktur. Biasanya, pelat memiliki ukuran ketebalan yang lebih kecil dibandingkan dengan bagian lain dari sebuah struktur. Pelat lantai adalah struktur yang memiliki permukaan yang halus dan rata. Pelat beton bertulang adalah struktur datar dan kuat yang menggabungkan tulangan untuk menambah kekuatan dan daya tahan. Pelat yang digunakan dalam konstruksi bangunan dirancang agar tipis namun cukup kuat untuk bertindak sebagai diafragma yang kaku secara horizontal. Fitur ini sangat membantu dalam mendukung integritas vertikal balok portal.

Pemasangan pelat pada suatu struktur dapat dilakukan dengan menggunakan sistem satu arah atau dua arah. Pelat satu arah adalah pelat yang memiliki panjang setidaknya dua kali lipat dari lebarnya. Metode lantai yang sering digunakan dalam konstruksi pelat balok-gelagar adalah sistem pelat satu arah. Area pelat dikelilingi oleh sepasang balok yang berdekatan di kedua sisinya dan dua gelagar di kedua ujungnya. Mayoritas beban dari lantai diarahkan ke balok, dengan dampak minimal pada gelagar. Biasanya, lantai satu arah didesain dengan tulangan utama sejajar dengan gelagar atau sisi yang lebih pendek, sedangkan tulangan susut ditempatkan sejajar dengan balok atau sisi yang lebih panjang.

Menurut *Szilard, (1974)* Pelat dibedakan menjadi empat bagian, adapun bagiannya sebagai berikut:

1. Pelat kaku

Pelat tipis yang memiliki kemampuan untuk menekuk dengan kekakuan disebut sebagai pelat kaku. Struktur ini terutama menahan beban melalui gerakan dua dimensi dalam gaya tekuk, puntung, dan geser melintang.

2. Membran

Membran adalah permukaan datar dan tipis yang tidak memiliki ketahanan terhadap pembengkokan. Ini berarti, membran mampu memikul beban secara langsung dan menahan gaya geser aksial dan terpusat. Karena pembawa beban ini sangat tipis, kemampuannya untuk menahan momen tidak signifikan; oleh karena

itu, ini dapat digambarkan dengan lebih baik sebagai sistem kabel yang dikencangkan.

### 3. Pelat Flexibel

Pelat fleksibel menggabungkan karakteristik pelat tidak fleksibel dan pelat membran. Pelat ini mendukung beban eksternal melalui kombinasi puntiran internal, geseran lateral, geseran sentral, dan gaya tekan aksial. Industri kedirgantaraan sering menggunakan desain ini karena keseimbangan yang menguntungkan antara berat dan kapasitas beban.

### 4. Pelat Tebal

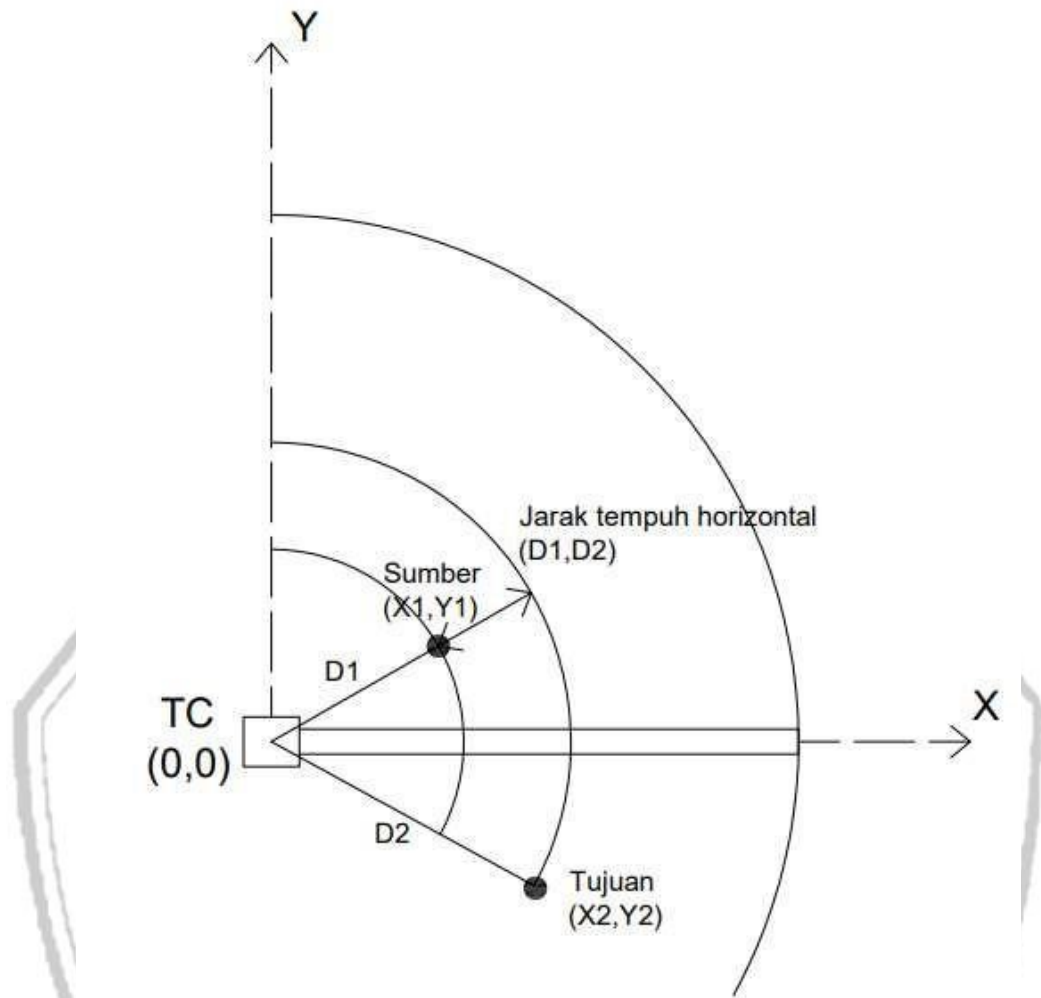
Pelat Tebal merupakan pelat yang memiliki kondisi tegangan dalam menyerupai kondisi kontinu tiga dimensi.

## 2.6 Jarak Tempuh

Jarak tempuh pada alat berat adalah jarak yang ditempuh tanpa berhenti dengan kecepatan yang konstan pada alat berat tersebut.

### 2.6.1 Jarak Tempuh Horizontal

Jarak tempuh horizontal adalah jarak yang ditempuh oleh *tower crane* secara horizontal. Jarak tempuh pada horizontal meliputi jarak tempuh angkat dan jarak tempuh kembali.



**Gambar 2. 4 Jarak Tempuh Horizontal**

*Sumber: Analisa Jarak Tempuh Horizontal*

Adapun rumus untuk mencari jarak tempuh horizontal , sebagai berikut:

$$D_h = D_2 - D_1 \quad (2.2)$$

$$D_1 = \sqrt{(Y_{TC} - Y_{AB})^2 + (X_{AB} - X_{TC})^2} \leq R = \quad (2.3)$$

$$D_2 = \sqrt{(Y_{TC} - Y_{BC})^2 + (X_{BC} - X_{TC})^2} \leq R = \quad (2.4)$$

Keterangan:

$D_h$  = Jarak tempuh horizontal

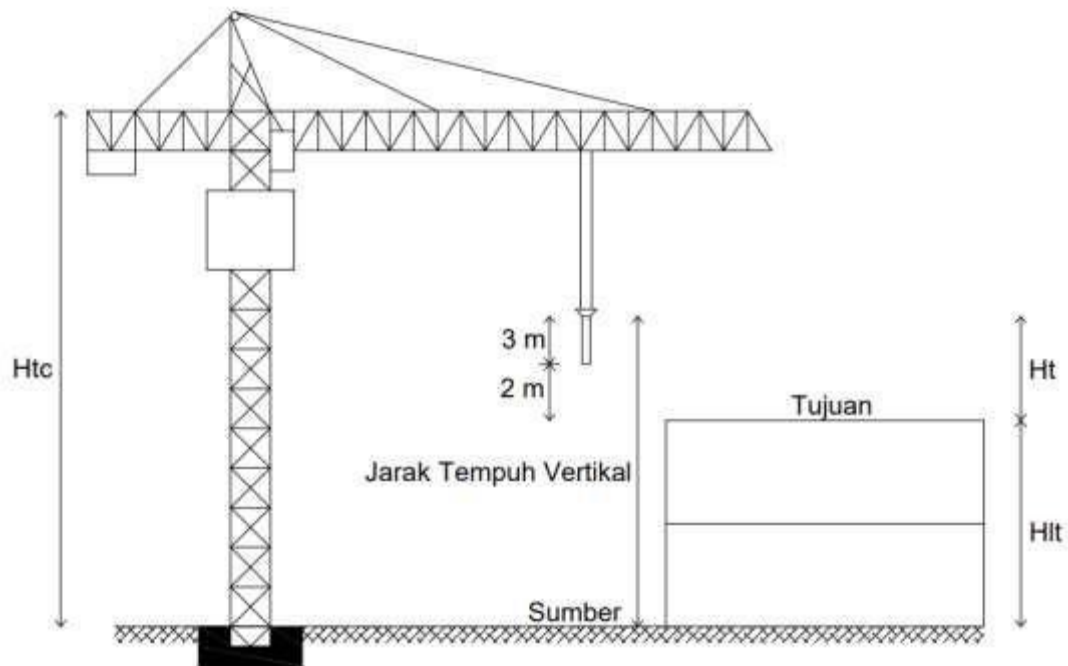
$D_1$  = Jarak sumber material terhadap TC

$D_2$  = Jarak tujuan material terhadap TC

- R = Radius lengan crane
- XTC = Koordinat X pada TC
- YTC = Koordinat Y pada TC
- XAB = Koordinat X pada sumber material
- YAB = Koordinat Y pada sumber material
- XBC = Koordinat X pada tujuan material
- YBC = Koordinat Y pada tujuan material

### 2.6.2 Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal adalah jarak yang ditempuh oleh *tower crane* secara vertikal. Jarak tempuh pada vertikal meliputi jarak tempuh angkat.



**Gambar 2. 5 Jarak Tempuh Vertikal**

Sumber: Analisis Jarak Tempuh Vertikal

Adapun rumus untuk mencari jarak tempuh vertikal sebagai berikut:

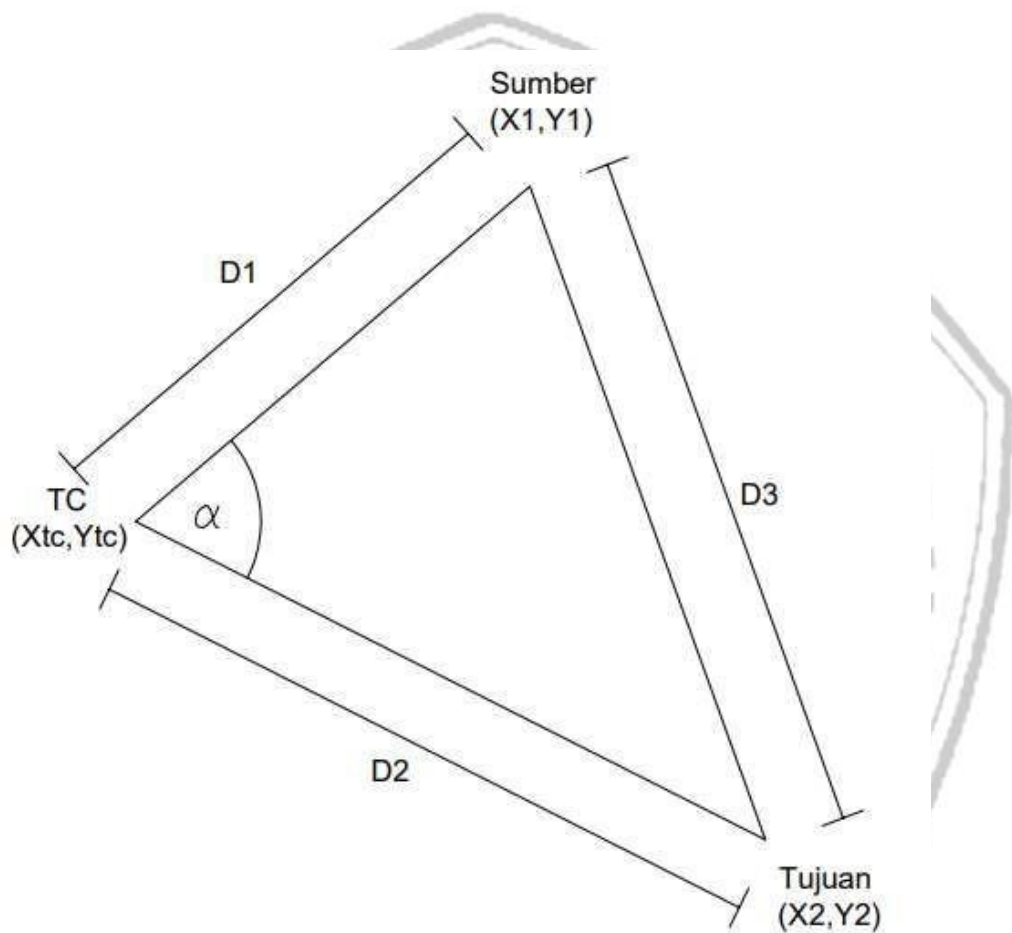
$$Dv = Hlt + Ht \quad (2.5)$$

Keterangan:

- Dv = Jarak tempuh vertikal
- Hlt = Tinggi lantai tujuan
- Ht = Tinggi tambahan

### 2.6.3 Jarak Tempuh Rotasi

Jarak yang ditempuh oleh tower crane saat berputar dikenal sebagai jarak tempuh rotasi, dan dihitung sebagai sudut antara sumbu crane dan lokasi di mana material ditempatkan. Jarak tempuh pada sudut rotasi ini memperhitungkan jarak yang ditempuh selama pengangkatan dan jarak yang ditempuh selama pengembalian.



**Gambar 2. 6 Jarak Tempuh Rotasi**

*Sumber: Analisis Jarak Tempuh Rotasi*

Adapun rumus untuk mencari jarak tempuh rotasi, sebagai berikut:

$$D_r = \cos a = \frac{(D1)^2 + (D2)^2 - (D3)^2}{2 \times D1 \times D2} \quad (2.6)$$

$$D3 = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Dh =  $\cos \alpha$  = Sudut atau jarak tempuh rotasi (radian)

D1 = Jarak antara *TC* dengan sumber material

D2 = Jarak antara *TC* dengan tujuan material

X1 = Koordinat sumber material X

Y1 = Koordinat sumber material Y

X2 = Koordinat tujuan material X

Y2 = Koordinat tujuan material Y

### 2.7 Waktu Siklus

Menurut *Hult, (1998)* Waktu siklus berkaitan dengan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan semua tugas yang tercakup dalam proses rantai pasokan, mulai dari inisiasi hingga kesimpulan. Waktu siklus mengacu pada durasi yang dibutuhkan alat untuk melakukan tugas yang sama berulang kali. Jangka waktu ini secara substansial dapat memengaruhi kapasitas produksi dan koefisien alat. (*Sunur dan Kurniawan, 2007*). Waktu siklus terdiri beberapa unsur, sebagai berikut:

1. Waktu muat atau *loading time* (LT)

*Loading time* merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut.

2. Waktu angkut atau *hauling time* (HT)

*Hauling time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk bergerak dari satu tempat puatan ke tempat satunya untuk kemudian dilakukan pembongkaran. Lamanya waktu angkut berpengaruh pada jarak angkut, kondisi jalan, kondisi alat, dan lain-lain.

3. Waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT)

*Dumping time* merupakan waktu pembongkaran material oleh alat angkut yang tempat yang telah ditentukan. Waktu pombongkaran bergantung pada metode pengangkutan yang dilaksanakan.

4. Waktu kembali atau *return time* (RT)

*Return time* adalah waktu alat untuk kembali ke tempat muatan untuk memuat kembali. Waktu kembali akan lebih singkat daripada waktu angkut (HT)

karena alat dalam keadaan kosong.

#### 5. Waktu tunggu atau *spotting time* (ST)

*Spotting time* adalah waktu menunggu saat alat mengganti sampai alat pengangkut diisi kembali.

Waktu siklus Tower Crane adalah waktu tempuh yang diperlukan tower crane untuk mengangkut muatan pekerjaan proyek. Waktu siklus memiliki bagian dalam melakukan satu kali putaran, yang terdiri dari:

1. Waktu tentu, yakni waktu muat dan waktu pembongkaran. Waktu ini tergantung pada jenis material pekerjaan yang diangkat Karena setiap pekerjaan memiliki waktu yang berbeda.
2. Waktu variable, yakni waktu yang didasari dengan ketinggian titik tempat pembongkaran dan waktu sudut putarnya.

Adapun perhitungan waktu siklus pada pengangkatan menggunakan alat berat sebagai berikut:

$$\Delta T = T_{\text{muat}} + T_h + T_v + T_r + T_{\text{lepas}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$\Delta T$  = Waktu Siklus

$T_{\text{muat}}$  = Waktu Muat

$T_h$  = Waktu Siklus Horizontal

$T_v$  = Waktu Siklus Vertikal

$T_r$  = Waktu Siklus Rotasi

$T_{\text{lepas}}$  = Waktu Lepas

#### 2.7.1 Waktu Siklus Horizontal

Siklus waktu horizontal adalah waktu pengangkatan material yang ditempuh *tower crane* secara horizontal. Berikut adalah rumus pada siklus waktu horizontal:

$$T_h = \frac{Dh}{v_h} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$T_h$  = Siklus waktu horizontal (menit)

- $D_h$  = Jarak horizontal (m)  
 $V_h$  = Kecepatan *trolley TC* (m/menit)

### 2.7.2 Waktu Siklus Vertikal

Siklus waktu vertikal adalah waktu pengangkatan material yang ditempuh *tower crane* secara vertikal. Berikut adalah rumus pada siklus waktu horizontal:

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- $T_v$  = Siklus waktu vertikal (menit)  
 $D_v$  = Jarak vertikal (m)  
 $V_v$  = Kecepatan *hoist TC* (m/menit)

### 2.7.3 Waktu Siklus Rotasi

Siklus waktu rotasi adalah waktu pengangkatan material yang ditempuh *tower crane* secara berputar (rotasi). Berikut adalah rumus pada siklus waktu rotasi:

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \quad (2.11)$$

Keterangan:

- $T_r$  = Siklus waktu rotasi (menit)  
 $D_r$  = Jarak rotasi (m)  
 $V_r$  = Kecepatan *swing TC* (m/menit)

### 2.8 Faktor Kondisi Kerja

Menurut *Rocmanhadi, (1992)* Faktor kondisi kerja merupakan pengaruh tak terduga yang dapat terjadi dari manusia (*human error*), alat berat, kondisi lingkungan terhadap produktivitas alat. Adapun nilai faktor koreksi kondisi sebagai berikut :



**Tabel 2. 3 Faktor Kondisi Kerja Tata Laksana**

Kondisi Pekerjaan	Faktor Tata Laksana			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik Sekali	0,84	0,81	0,75	0,7
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber: Rocmanhadi, 1992

**Tabel 2. 4 Faktor Koreksi Kondisi Kerja Operator**

Kondisi Operator	Faktor Koreksi
Baik sekali	1,0
Baik	0,75
Buruk	0,6

Sumber: Rocmanhadi, 1992

## 2.9 Produktivitas

Menurut *Susy Fatena, (2008)* Produktivitas alat berat terdiri oleh volume kapasitas alat dan waktu siklus alat pada tiap pekerjaan. Produktivitas Tower Crane ditentukan oleh jumlah pekerjaan yang dapat diselesaikannya. Produktivitas suatu sistem ditentukan oleh proporsi output yang dihasilkan dalam kaitannya dengan semua sumber daya input yang digunakan. Rasio efisiensi dalam pekerjaan konstruksi diukur berdasarkan berbagai faktor termasuk lamanya durasi konstruksi, biaya tenaga kerja, mekanisme, sumber daya bangunan, dan peralatan. (Ervianto,2009).

Tujuan penggunaan alat- alat berat pada proyek konstruksi terutama pada proyek konstruksi yang berskala besar yaitu untuk memudahkan pekerja pada tiap pekerjaan proyek sehingga mencapai hasil yang diharapkan dan dapat mempersingkat waktu pekerjaannya. Efektivitas suatu alat ditentukan oleh kemampuannya, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu siklus, dan efisiensinya. Proses pemindahan bahan melibatkan urutan tindakan berulang yang

diulang secara berurutan. (Rostiyanti, S.F., 2002). Adapun rumus produktivitas pada alat berat sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Output = Volume Material (ton)

Input = Waktu Siklus (jam)

Menurut Amalia, S.D & Purwadi, D, (2017) Rumus Produktivitas rata-rata dalam beberapa hari sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Rata-Rata} = \frac{\text{Kapas Total Produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \quad (2.13)$$

Keterangan :

N = Jumlah hari

## 2.10 Konsep Biaya Operasional Tower Crane

Ada dua jenis biaya yang terkait dengan peralatan, yaitu biaya kepemilikan dan biaya operasional. Pemilik alat berat besar dalam industri konstruksi diharuskan untuk menanggung biaya yang diidentifikasi sebagai biaya kepemilikan. Penggunaan alat berat menimbulkan biaya operasional. (*operation cost*) (Rostiyanti, S.F., 2008).

Menurut Adisaputro Wtjaksono, (2003) Biaya operasional adalah biaya yang diperkirakan atau diestimasi akan terjadi dan biasanya dianggap telah digunakan secara penuh selama siklus pelaporan keuangan tahunan. Biaya operasional tower crane ditentukan melalui penggunaan crane, yang mencakup semua biaya yang timbul selama pengoperasiannya.

### 1. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

Biaya yang diperlukan untuk mengangkut tower crane ke lokasi proyek dan mengembalikannya ke penyedia layanan dikenal sebagai Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi.

### 2. Biaya Sewa

Penyedia layanan tower crane membebankan biaya bulanan tetap kepada kontraktor untuk biaya sewa.

### 3. Biaya Erection Dismantling

Biaya yang terkait dengan pemasangan dan pembongkaran tower crane ketika sudah tidak diperlukan lagi untuk proyek disebut sebagai Biaya Pembongkaran Ereksi.

### 4. Biaya Operator

Operator mengeluarkan biaya untuk membayar layanan menara.

### 5. Biaya Pelumas atau Perawatan

Pengeluaran bulanan diperlukan untuk menutupi pelumasan dan pemeliharaan tower crane untuk memastikannya beroperasi secara efisien.

Adapun rumus perhitungan Biaya Operasional pada Tower Crane sebagai berikut:

$$\text{Biaya Operasional} = BM + BS + BE + BO + BP \quad (2.14)$$

Keterangan:

BM = Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi Tower

Crane BS = Biaya Sewa Tower Crane

BE = Biaya Erection Dismantling Tower

Crane BO = Biaya Operator Tower Crane

BP = Biaya Perbaikan atau Perawatan Tower Crane

#### 2.10.1 Bahan Bakar

Menurut *Rostiyanti, S.F., 2008* Untuk mengoperasikan alat berat, bahan bakar bensin membutuhkan 0,06 galon per jam untuk setiap tenaga kuda, sedangkan bahan bakar diesel membutuhkan 0,04 galon untuk hal yang sama. Faktor operasi digunakan untuk mengalikan nilai yang diperoleh. Adapun rumus penggunaan bahan bakar per jam sebagai berikut:

$$BBM \text{ solar} = 0,04 \times HP \times \text{Eff} \quad (2.15)$$

Keterangan:

HP = Horse Power

Eff = Efisiensi Mesin

#### 2.10.2 Pelumas

Menurut *Rostiyanti, S.F., 2008* Perhitungan kebutuhan pelumas per jam biasanya berdasarkan jumlah waktu operasional dan lamanya penggantian pelumas.

Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$Qp = \frac{f \times HP \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t} \quad (2.16)$$

Keterangan:

HP = Horse Power

C = Kapasitas penggunaan pelumas

t = Lama penggunaan pelumas

f = Faktor pengoperasian

### 2.10.3 Perawatan

Biaya perbaikan alat berat mencapai 90% dari harga asli alat, sedangkan biaya perbaikan alat ringan mencapai 60% dari harga alat. Seiring dengan bertambahnya jumlah tahun, terdapat penurunan yang sesuai dalam biaya perbaikan rata-rata setiap tahunnya. (Asiyanto, 2008).

Contoh pertitungan:

Harga Excavator = Rp.2.000.000.000,-

Umur ekonomi alat = 3 tahun

Perkiraan biaya perbaikan:

Jumlah digit tahun: 1+2+3 = 6

Tahun 1 =  $\frac{1}{6} \times 90\% \times \text{harga alat} = 15\%$

Tahun 2 =  $\frac{2}{6} \times 90\% \times \text{harga alat} = 30\%$

Tahun 3 =  $\frac{3}{6} \times 90\% \times \text{harga alat} = 45\%$

### 2.10.4 Biaya Operasional

Menurut Asiyanto, (2008) Biaya-biaya tersebut dinyatakan dalam jam per unit. Biaya yang dikeluarkan terkait langsung dengan tenaga kerja yang ditugaskan pada mesin tertentu dan ditentukan oleh metode pembayaran yang digunakan oleh organisasi, yang dapat berupa per jam, per hari, atau berdasarkan jumlah pekerjaan yang diselesaikan.. Biaya operator dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Biaya (per jam)} = \text{Upah bulanan} : \text{jam kerja per - bulan} \quad (2.17)$$

### **2.10.5 Mobilisasi dan Demobilisasi**

Proses mobilisasi melibatkan perolehan peralatan yang diperlukan untuk proyek konstruksi, sedangkan demobilisasi terjadi ketika peralatan diambil dari lokasi proyek setelah tidak lagi diperlukan. Biaya yang dikeluarkan adalah biaya untuk menyusun dan membongkar alat. (Rostiyanti, S.F., 2008.)

### **2.11 Efisiensi**

Menurut Mulyamah (1987), Efisiensi adalah ukuran yang menilai pemanfaatan sumber daya dalam kaitannya dengan input yang dimaksudkan dan penerapannya di dunia nyata. Efisiensi pada alat berat merupakan suatu kemampuan untuk mencapai kegiatan dengan produktivitas yang maksimal tetapi dengan biaya operasional seminimum mungkin. Mengendalikan biaya operasional seefisien mungkin sehingga dapat menghasilkan anggaran pengeluaran yang lebih rendah dengan cara menekan Cycle Time dan Produktivitas pada alat berat Tower Crane. Dengan ini spesifikasi kinerja pada Tower Crane sangat berpengaruh agar menghasilkan waktu yang lebih efisien. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi alat berat yaitu : keadaan lapangan, keahlian operator, dan kinerja alat. Hal kemudian akan sangat mempengaruhi biaya operasional.

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
1	Iqafdi Ardiansyah Ahmad	2012	Proyek Puncak Central Business District Surabaya	Analisa Produktivitas Dan Biaya Operasional Tower Crane Pada Proyek Puncak Central Business District Surabaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini membandingkan Waktu Siklus, Produktivitas dan Biaya Operasional.</li> <li>• Penelitian tidak menganalisis tata letak (data letak TC menggunakan data lapangan).</li> <li>• Penelitian menggunakan 3 tipe TC dengan spesifikasi yang berbeda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian dilakukan pada lokasi yang berbeda.</li> <li>• Perhitungan Biaya Operasioanl dihitung per jam.</li> </ul>

No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
2	Riszki Ari Pangestu, Suselo Utoyo, Diah Lydianing tias	2021	Proyek One Signature Gallery Surabaya	Analisis Penggunaan Tower Crane Untuk Pekerjaan Struktur Pada Proyek One Signature Gallery Surabaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini membandingkan Waktu Siklus, Produktivitas, dan Biaya Operasional keseluruhan.</li> <li>• Pekerjaan struktur pengangkutan yang dihitung mencakup tulangan, bekisting dan pengecoran.</li> <li>• Penelitian tidak menganalisis tata letak (data letak TC menggunakan data lapangan).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian dilakukan pada lokasi yang berbeda.</li> <li>• Penelitian ini menganalisis 2 tipe TC berbeda.</li> </ul>
3	Sofia Dewi	2017	Proyek	Analisa Produktivitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian</li> </ul>

No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
	Amalia, Drs. Didiek Purwadi, M.Si		Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya	Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya	membandingkan Waktu Siklus, Produktivitas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian tidak menganalisis tata letak (data letak TC menggunakan data lapangan).</li> <li>• Penelitian ini tidak menganalisis struktur pondasi TC.</li> </ul>	dilakukan pada lokasi yang berbeda. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini menganalisis 4 tipe TC berbeda.</li> <li>• Penelitian dilakukan dilapangan dengan data selama 20 hari.</li> <li>• Penelitian tidak menganalisis biaya operasional.</li> </ul>
4	Andi Asnur Pranata M. H.	2020	-	Analisis Pengoperasian Tower Crane Untuk Pekerjaan Pengecoran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini membandingkan Waktu Siklus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini menganalisis 2 tipe TC berbeda.</li> </ul>



No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
				Struktur Kolom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian tidak menganalisis tata letak (data letak TC menggunakan data lapangan).</li> <li>• Penelitian ini tidak menganalisis struktur pondasi TC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian hanya menganalisis pekerjaan kolom.</li> <li>• Penelitian tidak menghitung Produktivitas dan Biaya Operasional pekerjaan.</li> </ul>
5	Syapril Janizar, Eko Rizky Suprpto	2021	Pembangunan Jembatan Cable Stayed Dicijambe Kabupaten Garut	Analisis Penempatan Dan Penentuan Jumlah Tower Crane (TC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini membandingkan Waktu Siklus dan Biaya Operasional.</li> <li>• Pekerjaan struktur pengangkutan yang dihitung mengangakup tulangan, bekisting dan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian menganalisis tata letak Tower Crane.</li> <li>• Penelitian dilakukan pada lokasi yang berbeda.</li> </ul>
6	Rini Pebri	2019	Proyek	Analisa Pemilihan Dan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian</li> </ul>

No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
	Utari		Pembangunan Tahap 2 Holland Park Condotel Batu	Tata Letak Tower Crane Terhadap Waktu Dan Biaya Konstruksi	<p>membandingkan Waktu Siklus dan Biaya Operasional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan struktur pengangkutan yang dihitung mencakup tulangan, bekisting dan pengecoran.</li> </ul>	<p>menganalisis tata letak Tower Crane.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian dilakukan pada lokasi yang berbeda.</li> <li>• Penelitian ini menganalisis 2 tipe TC berbeda.</li> </ul>
7	Bima Anggaruc i B.Y., Jojok Widodo S., Dwi Nurtanto	2016	Pembangunan Jember Icon	Evaluasi Penempatan Tower Crane Pada Pembangunan Jember Icon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian menganalisa titik koordinat.</li> <li>• Penelitian membandingkan Waktu Siklus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian menganalisis tata letak Tower Crane.</li> <li>• Penelitian dilakukan pada lokasi yang</li> </ul>

No	Peneliti	Tahun	Studi Kasus	Judul	Persamaan	Perbedaan
						berbeda. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian membandingkan Efisiensi tata letak Tower Crane.</li> </ul>

