

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENJADWALAN DAN BAR BENDING
SCHEDULE DENGAN BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM) ALLPLAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

AFRIDEL MAERUL

1607210072



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Afridel Mafrul

NPM : 1607210072

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Penjadwalan Dan Bar Bending Schedule Dengan Building Information Modeling (BIM) ALLPLAN.

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 April 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Citra Utami S.I tarni S.T., M.T.

Dosen Pembanding I



Wiwin Nurzanah ST., MT

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afridel Mafrul
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Balai/ 14 April 1996
NPM : 1607210072
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis penjadwalan dan bar bending schedule dengan menggunakan building information modeling (BIM) allplan”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non- material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 Agustus 2021

Saya yang menyatakan,



AFRIDEL MAFRUL

ABSTRAK

ANALISA PENJADWALAN DAN *BAR BENDING SCHEDULE* DENGAN *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ALLPLAN* (Studi Kasus: Proyek *High Speed Railway* PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk)

Afridel Mafrul
1607210072
Citra Utami ST.MT

Proyek *High Speed Railway* merupakan sebuah mega proyek dibawah naungan PT.KCIC (Kereta Cepat Indonesia China) dimana PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk mendapat tugas sebagai kontraktor pada proyek ini. Panjang *Trase* yang dibangun kurang lebih 142 km. Proyek konstruksi menjadi semakin kompleks dan sulit untuk dikelola menimbulkan permasalahan dalam siklus hidup proyek. oleh karena itu diperlukan penerapan sistem *building information modeling* (BIM) sesuai perkembangan teknolgi dalam dunia konstruksi di Indonesia. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penjadwalan, *bar bending schedule* dan *quantity takeoff*, menggunakan sistem *building information modeling* serta produktivitas alat dan efektivitas tenaga kerja pada pekerjaan struktur P33L6-P36L6. Dari hasil analisa permodelan struktur atas dan struktur bawah yang dilakukan menggunakan software *building information modeling* (BIM) allplan didapatkan hasil ouput penjadwalan selama 120 hari, *bar bending schedule*, *quantity takeoff* volume pilecap 288 m³, *borepile* 70.19 m³, *pierbody* 180 m³, *pierhead* 118 m³, *box girder* 989.94 m³ dan produktivitas alat, Produktivitas pengeboran alat auger tipe SR-60 : 11,6 m³/jam, produktivitas harian : 220,4 m³/hari, Produktivitas *install rebar* alat *Crawler Crane* 50 ton : 0,71 ton/jam, produktivitas harian : 51,12 ton/hari, Produktivitas *install tremi* alat *Crawler Crane* 50 ton : 12,56 m³/jam, produktivitas harian : 753.6 m³/hari, Produktivitas excavator kobelco PC200 : 65,872 m³/jam, produktivitas dump truck : 12,86 m³ / minute.

Kata kunci : BIM, *Bar Bending Schedule*, *quantity takeoff*, Produktivitas alat dan efektivitas tenaga kerja

ABSTRACT

ANALYSIS OF SCHEDULE SCHEDULE AND BAR BENDING WITH ALLPLAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) (Case Study: PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk High Speed Railway Project)

Afridel Mafrul
1607210072
Citra Utami ST.MT

The High Speed Railway project is a mega project under the auspices of PT. KCIC (Kereta Api Indonesia China) where PT Wijaya Karya (Persero) Tbk was assigned as a contractor on this project. The length of the Trase that was built is approximately 142 km. Construction projects are becoming increasingly complex and difficult to manage causing problems in the project life cycle. Therefore, it is necessary to apply a building information modeling (BIM) system in accordance with technological developments in the world of construction in Indonesia. In this final project, analysis of scheduling, bar bending schedule and quantity takeoff is carried out, using the building information modeling system as well as the productivity of tools and the effectiveness of the workforce on the work of the P33L6-P36L6 structure. From the results of the analysis of the upper and lower structure modeling carried out using the allplan building information modeling (BIM) software, the results of the scheduling output for 120 days, bar bending schedule, quantity takeoff volume pilecap 288 m³, borepile 70.19 m³, pierbody 180 m³, pierhead 118 m³, box girder 989.94 m³ and productivity tools, Productivity of drilling tools auger tipe SR-60 : 11,6 m³/hour, daily productivity: 220,4 m³/day, Productivity of rebar fixing tools Crawler Crane 50 ton : 0,71 ton/hours, daily productivity: 51,12 ton/hour, The productivity of installing a Crawler Crane tool 50 ton : 12,56 m³/jam, daily productivity: 753.6 m³/hari, Kobelco excavator productivity PC200 : 65,872 m³/jam, dump truck productivity: 12,86 m³ /menit.

Keywords: BIM, Bar Bending Schedule, quantity takeoff, productivity of tools and workforce effectiveness.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “analisa penjadwalan dan *Bar bending schedule* dengan *building Information modelling* (BIM) Allplan (studi kasus: Proyek High Speed Railway PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk).sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Citra Utami ST. M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Wiwin Nurzanah ST. M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing II selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Orang tua tercinta, yaitu ayahanda Syamsul Bahri dan ibunda tercinta Delni Darwati yang telah menjadi semangat terbesar hingga saat ini.
8. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan kerja, proyek HSR tim QC engineering Stasiun halim Jakarta timur proyek *high speed railway* Jakarta – bandung
9. Tim supervisi section 2 DK79-81 Purwakarta, dan teman-teman Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 25 Agustus 2021

Afridel Mafrul

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1. Pengertian Proyek	5
2.2. Bar Bending Schedule	6
2.3. Work Breakdown Structure (WBS)	6
2.4. Penjadwalan Proyek	7
2.4.1. Menyusun Bagan Balok	8
2.4.2. Milestone	9
2.4.3. Efektivitas Tenaga Kerja	10
2.5. Produktivitas Alat Berat	10
2.6. Building Information Modeling	12
2.6.1. BIM 3D	15

2.6.2. BIM 4D	15
2.6.3. BIM 5D	16
2.6.4 BIM 6D	16
2.6.5 BIM 7D	17
2.7. Proses BIM Pada Proyek	17
2.6.1. BIM Level 0	18
2.6.2. BIM Level 1	18
2.6.3. BIM Level 2	19
2.6.4. BIM Level 3	19
2.8. Aplikasi sistem Building Information Modeling (BIM)	19
2.8.1. Allplan	20
2.8.2. Allplan Bridge	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1. Diagram Alir Penelitian	22
3.2. Lokasi Dan Waktu Penelitian	23
3.2.1. Lokasi Penelitian	23
3.2.2. Waktu Penelitian	23
3.3. Identifikasi Masalah	23
3.4. Penarikan Sampel	24
3.5. Pengumpulan Data	24
3.5.1. Data primer	24
3.5.2. Data Sekunder	25
3.6. Analisa Data	26
3.7. Kesimpulan dan Saran	26
BAB 4 ANALISA DATA	27
4.1. Gambaran Umum Proyek	27
4.2. Work Breakdown Struktur	28
4.3. Produktivitas Alat Berat dan Tenaga Kerja	29
4.4. Volume dan Durasi Pekerjaan	53
4.5. Penjadwalaan Menggunakan BIM	57

4.6. Permodelan Menggunakan BIM	58
4.7 Hasil BBS Menggunakan Sistem BIM	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Bar Bending Schedule</i>	6
Tabel 2.2	Perkiraan Waktu Yang Diperlukan Untuk Masing-Masing Elemen Pekerjaan	9
Tabel 2.3	Indeks efesiensi kerja alat	10
Tabel 4.1	Faktor bucket (Fb)	37
Tabel 4.2	Faktor Konversi galian (Fv)	37
Tabel 4.3	Faktor efesiensi kerja alat	37
Tabel 4.4	Volume pekerjaan	53
Tabel 4.5	Durasi pekerjaan	55
Tabel 4.6	<i>Quantity takeoff</i> Volume beton	62
Tabel 4.7	<i>Bar Bending Schedule pierhead</i>	64
Tabel 4.8	<i>Bar Bending Schedule Borepile</i>	65
Tabel 4.9	<i>Bar Bending Schedule Box Girder</i>	66
Tabel 4.10	<i>Bar Bending Schedule Pilecap</i>	67
Tabel 4.11	<i>Bar Bending Schedule Pier</i>	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Work Breakdown Structure	7
Gambar 2.2	Penyajian perencanaan proyek dengan metode bagan balok	9
Gambar 2.3	Efektivitas tenaga kerja	10
Gambar 2.4	Pihak yang terkait dalam BIM	13
Gambar 2.5	Keuntungan implementasi sistem BIM	14
Gambar 2.6	Model dimensi dalam BIM	14
Gambar 2.7	BIM Level	17
Gambar 2.8	BIM ALLPLAN	20
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2	<i>Layout</i> stasiun halim	23
Gambar 3.3	Detail Pembesian pilecap	25
Gambar 4.1	<i>siteplan</i> stasiun halim	27
Gambar 4.2	Desain <i>pier elevation</i>	27
Gambar 4.3	WBS P33-P36	28
Gambar 4.4	Alat <i>bor auger</i> tipe SR-600	29
Gambar 4.5	<i>Crawler Crane</i> 50 ton	30
Gambar 4.6	Excavator kobelco PC200V	34
Gambar 4.7	Dumptruck	35
Gambar 4.8	<i>Pilecap pier</i> P33L6-P36L6	35
Gambar 4.9	Tampak memanjang P33L6-P36L6	36
Gambar 4.10	Tampak Melintang P33L6-P36L6	36
Gambar 4.11	Tampak Atas	40
Gambar 4.12	Tampak Memanjang dan Melintang	40
Gambar 4.13	<i>Concrete Pump</i>	42
Gambar 4.14	<i>Truck Mixer</i>	42
Gambar 4.15	Desain Shoring box girder	49
Gambar 4.16	Tampilan penjadwalan borepile dengan BIM	57

Gambar 4.17	Tampilan Penjadwalan pilecap dengan BIM	57
Gambar 4.18	Tampilan Penjadwalan pier dengan BIM	58
Gambar 4.19	Tampilan Penjadwalan pier head dengan BIM	58
Gambar 4.20	Tampilan Penjadwalan box girder dengan BIM	58
Gambar 4.21	Create new axis	59
Gambar 4.22	Item Permodelan Penampang borepile	60
Gambar 4.23	Item Permodelan Penampang pilecap	60
Gambar 4.24	Item Permodelan Penampang pier	60
Gambar 4.25	Item Permodelan Penampang pier head	61
Gambar 4.26	Item Permodelan Pekerjaan struktur elevated	61
Gambar 4.27	Item Permodelan Pekerjaan Box girder	61
Gambar 4.28:	Tampilan Penulangan Pierhead dengan BIM	63
Gambar 4.29:	Tampilan Penulangan Pilecap dengan BIM	67
Gambar 4.30:	Tampilan Penulangan Pier dengan BIM	67
Gambar 4.31:	Tampilan Penulangan Box Girder dengan BIM	68

DAFTAR NOTASI

Q	=	Produktivitas
t	=	Durasi pekerjaan
Fb	=	Faktor Bucket
Fv	=	Faktor Konversi Galian
RL	=	Ringlock
FW	=	Formwork

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek *High Speed Railway* merupakan sebuah mega proyek dibawah naungan PT.KCIC (Kereta Cepat Indonesia China) dimana PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk mendapat tugas sebagai kontraktor pada proyek ini. Panjang Trase yang dibangun kurang lebih 142 km, memiliki 4 stasiun dari Halim sampai Tegal luar, menghubungkan kota Jakarta dan kota Bandung dengan nilai kontrak sebesar 16 Triliun rupiah. Tujuan dari proyek ini adalah memangkas waktu perjalanan Jakarta-Bandung yang awalnya 5 jam via jalan tol menjadi 40 menit menggunakan kereta cepat.(PT.Wijaya Karya, persero Tbk).

Maka dari pada itu proyek ini harus benar-benar direncanakan dengan baik dan dipantau progressnya agar dapat selesai tepat waktu. Selain itu, kesalahan pekerjaan dan kesalahan persepsi harus diminimalisir sedemikian rupa agar proyek ini dapat selesai sesuai dengan desain dari pihak *owner*.(Alshawi dan Ingirige, 2003)

Proyek konstruksi menjadi semakin kompleks dan sulit untuk dikelola (Alshawi dan Ingirige, 2003; Chan et al, 2004; wiliam,2002). Kompleksitas proyek konstruksi tersebut meningkatkan permasalahan yang terjadi dalam siklus hidup proyek. Salah satu permasalahan yang terjadi pada proyek konstruksi keretacepat Jakarta-Bandung adalah dalam rencana perhitungan *bar bending schedule* yang masih menggunakan perhitungan konvensional. Dan jauh dari perkembangan teknologi yang berkembang pesat pada dunia konstruksi di Indonesia

Maka dari pada itu, permasalahan ini dapat diminimalisir dengan salah satu teknologi terbaru dibidang konstruksi yang bernama *Building Information Modeling* (BIM). Salah satu *software* berbasis *building information modeling* yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien adalah *software ALLPLAN*.

Building information modeling merupakan salah satu teknologi yang berkembang dibidang AEC (*Arsitektur, Engginering, dan Constrcution*), yang

mensimulasikan seluruh informasi didalam proyek pembangunan kedalam model 3 dimensi. BIM dapat melibatkan seluruh pemangku kepentingan diproyek (*stakeholder*) untuk merencanakan sebelum proyek dimulai sehingga mampu mengurangi potensi kesalahan dalam pembangunan.

Studi ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai produktivitas dan man power pada setiap pekerjaan , *bar bending schedule*, *quantity takeoff*, dan untuk mengetahui durasi pekerjaan pada pier P33L6P46L6 dengan menggunakan *software* berbasis metode BIM (*Building Information Modeling*) *allplan 2018* .Hasil yang diharapkan dari penggunaan teknologi ini memberikan hasil yang lebih efisien serta menjadi media pembelajaran dalam dunia teknik sipil. studi ini hanya dilakukan pada titik *High Speed Railway* DF6K11+290.34- DF6K11+373.11 yaitu pada P33L6-P35L6.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang akan dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana produktivitas alat dan efektivitas tenaga kerja pada pekerjaan P33L6-P36L6 ?
2. Bagaimana hasil perhitungan durasi pekerjaan pada pier 33L6-P36L6 dengan BIM allplan.?
3. Bagaimana hasil perhitungan otomatis *Bar Bending Schedule* dan *quantity takeoff* menggunakan *software* berbasis BIM pada pekerjaan struktur P33L6-P36L6 ?

1.3 Ruang lingkup

Agar pembahasan ini tidak meluas ruang lingkungnya dan dapat terarah sesuai dengan tujuan penulisan Tugas Akhir ini, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Penerapan BIM allplan pada studi ini hanya dilakukan pada titik *High Speed Railway* DF6K11+290.34-DF6K11+373.11 yaitu pada P33L6-P35L6.
2. Penerapan pada studi ini untuk menghitung *bar bending schedule* pada pekerjaan struktur P33L6-P36L6 pada proyek *high speed railway*.

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini ialah:

1. Untuk menghitung produktivitas alat dan efektivitas tenaga kerja.
2. Untuk menghitung durasi pada pekerjaan P33L6-P36L6 dengan BIM allplan.
3. Untuk menghitung *Bar Bending Schedule* dan *quantity takeoff* pada pekerjaan P33L6-P36L6 .

1.5 Manfaat penelitian

1.5.1 Manfaat teoritis

Penelitian ini merupakan hasil dari survei dan masukan- masukan dari teori yang ada mengenai peranan BIM dalam dunia konstruksi dan bermanfaat memberikan arahan-arahan yang sesuai dalam penelitian ini. Hasil dari penelitian ini diharapkan juga bisa menjadi referensi untuk penelitian efektifitas dan peranan BIM dalam dunia kontruksi serta menjadi referensi untuk pembelajaran kedepannya kepada teman-teman mahasiswa teknik tentang perkembanganteknologi didunia kontruksi saat ini.

1.5.2 Manfaat praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil data-data yang lebih efisien serta akurat dari penerapan *building information modeling* yang memiliki tingkat kesalahan yang kecil di bandingkan sistem konvensional, sehingga penerapan *building information modeling* dapat diterapkan pada proyek kereta cepat atau proyek lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “*analisa penjadwalan dan bar bending schedule dengan building information modelling (BIM) allplan (studi kasus: proyek high speed railway PT. Wijaya Karya (persero) Tbk.* ini tersusun dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, ruang lingkup, manfaat penulisan dan sistematika penulisan skripsi.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai dasar-dasar teori penjadwalan proyek dan *Bar Bending Schedule* (BBS), *Building Information Modeling* (BIM), produktivitas alat berat.

BAB 3 : METODOLOGI

Bab ini menjelaskan mengenai alur kerja penelitian pada skripsi ini dari tahap pengumpulan data hingga *output* berupa kesimpulan.

BAB 4 : PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai perhitungan produktivitas alat berat, *man power*, volume dan durasi pekerjaan, penjadwalan proyek dan menghitung *bar bending schedule* menggunakan sistem kerja berbasis *building information modeling*. Yang telah diatur oleh dinas PUPR (Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia)

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjeleaskan mengenai hasil akhir dari isi materi ini yaitu *analisa penjadwalan dan bar bending schedule dengan building information modelling (BIM) allplan*.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Proyek

Proyek dapat diartikan sebagai rangkaian pekerjaan yang saling terkait dan biasanya diarahkan ke beberapa *output* utama untuk membutuhkan jangka waktu yang signifikan untuk melakukannya. Sehingga, manajemen proyek merupakan kegiatan pengelolaan perencanaan, mengarahkan sumber daya, dan mengendalikannya (orang, peralatan dan material) untuk memenuhi biaya, teknis dan kendala waktu proyek, ada 3 (tiga) fase dalam manajemen proyek:

1. Perencanaan fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi proyek.
2. Penjadwalan fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khususnya dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
3. Pengendalian fase ini untuk mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Fase ini juga dapat digunakan untuk merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

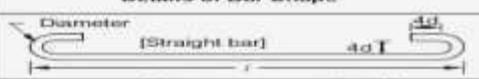
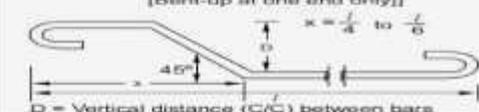
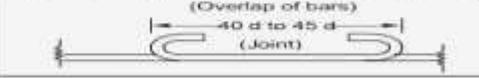
Perencanaan organisasi proyek adalah cara yang efektif untuk menugaskan orang dan sumber daya fisik yang diperlukan. Organisasi proyek dibentuk untuk memastikan program yang telah ada tetap berjalan dengan lancar. Organisasi proyek akan bekerja dengan baik apabila:

1. Pekerjaan dapat didefinisikan dengan sasaran dan target waktu khusus.
2. Pekerjaan mengandung tugas-tugas kompleks yang membutuhkan keterampilan khususnya dan saling berhubungan.
3. Proyek bersifat sementara tetapi penting bagi organisasi.
4. Proyek meliputi hampir semua lini organisasi.
5. Dengan adanya teknologi, tingkat efektivitas dan efisiensi suatu organisasi pasti lebih efektif
6. Struktur organisasi dipengaruhi oleh lingkungan yang baik dan memberikan energi positif

2.2 Bar Bending Schedule (BBS)

Bar bending Schedule (BBS) adalah daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk panjang, dan jumlah tulangan. Untuk membuat BBS list diperlukan gambar teknis yang dikeluarkan oleh pihak konsultan, data diameter tulangan yang digunakan, data mengenai dimensi tulangan dan jumlah yang digunakan. Daftar bengkokan batang tulangan umumnya berisi data yang menyajikan data semua dimensi dan jumlah tulangan serta detail tulangan yang digunakan pada suatu proyek sebagai pedoman pengadaan material baja tulangan.

Tabel 2.1: *Bar bending schedule* (nuryanto. 2017.)

Sl. No.	Details of Bar Shape	Length of Hooks	Total Length of Bar
1.	 [Straight bar]	$2[9d] = 18d$ (both hooks together)	$l + 18d$
2.	 [Bent-up at one end only] $x = \frac{1}{4}$ to $\frac{1}{5} l$ $D =$ Vertical distance (C/C) between bars	$2[9d] = 18d$ (both hooks together)	$l + 18d + 0.42 D$
3.	 (Double bent-up bar) $x = \frac{1}{4}$ to $\frac{1}{5} l$	$2[9d] = 18d$ (as for above cases)	$l + 18d + 2 \times 0.42 D$
4.	 (Overlap of bars) 40 d to 45 d (Joint)	$2[9d] = 18d$	Overlap length of joint $= \{(40d \text{ to } 45d) + 18d\}$
5.	 l_1 l_2	[Here, one hooks height = 14d] $2 \times (14d) = 28d$	$l_1 + 2l_2 + 28d$
6.	 l_1 l_2	$2(12d) = 24d$	$[2(l_1 + l_2) + 24d]$

2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan hierarki. WBS digunakan untuk melakukan *Break down* atau memecahkan tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail per tiap jenis kegiatan.

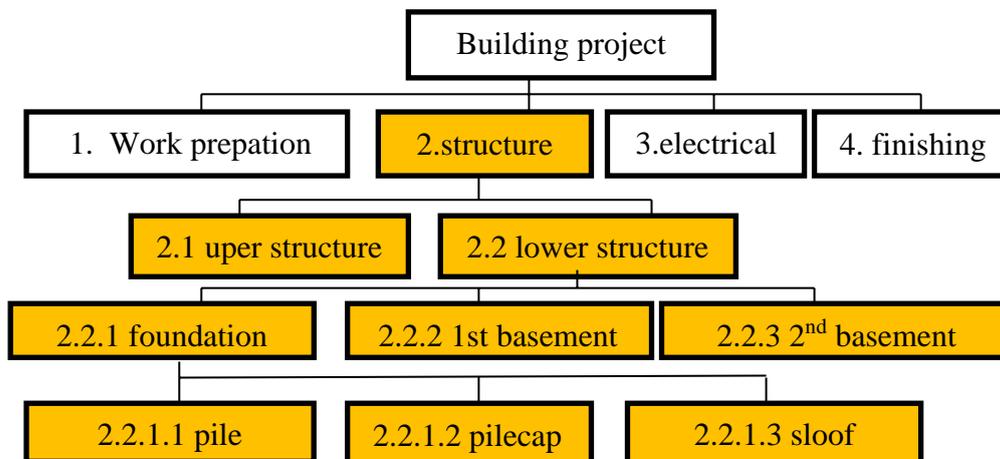
Adapun manfaat dari *Work Breakdown Structure* (WBS) adalah :

1. Mengetahui Pencapaian apa saja yang diinginkan suatu proyek.
2. Dapat merencanakan proyek kedepannya.

Tujuan *Work Breakdown Structure* (WBS) adalah:

1. Mengurangi kompleksitas.
2. Fasilitas penjadwalan dan pengendalian.
3. Estimasi biaya (*Cost Estimation*)
4. Penyusunan anggaran (*Cost budgeting*)
5. Identifikasi aktivitas (*Activity Defenation*)

Berikut merupakan contoh gambar *Work Breakdown Structure* (WBS) pada proyek rumah sederhana.



Gambar 2.1: *Work Breakdown Structure* (nuryanto. (2017.).

2.4 Penjadwalan Proyek

Kegiatan Proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk dan *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Secara garis besar penjadwalan proyek digunakan sebagai acuan kapan dan bagaimana proyek harus dilaksanakan oleh *project team* untuk mencapai target sesuai dengan *project scope*.

Pengelola proyek selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan waktu dan jadwal untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Metode yang dimaksud adalah “Metode Bagan Balok” (*Bar Chart*), yaitu penyajian perencanaan dan pengendalian, khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis.

2.4.1 Menyusun Bagan Balok

Bagan balok atau biasanya *Bar Chart* adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memmanajemen proyek kontruksi dengan baik. Perlu diketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar dipantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Bagan balok dapat dibuat secara manual atau dengan bantuan software computer, bagan ini tersusun pada koordinat X dan Y. pada sumbu tegak lurus X, dicatat pekerjaan atau elemen dari hasil penguraian lingkup suatu proyek, dan digambar sebagai balok, sedangkan pada sumbu horizontal Y, tertulis satuan waktu, misalnya hari, minggu, atau bulan. Hal-hal yang ditampilkan dalam bar chart adalah;

1. Jenis pekerjaan
2. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan.
3. Alur pekerjaan.

Disini waktu mulai dan waktu akhir masing-masing pekerjaan adalah ujung kiri dan kanan dari balok-balok yang bersangkutan. Pada waktu membuat bagan balok telah diperhatikan urutan kegiatan, meskipun belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain. Format penyajian bagan balok yang lengkap berisi perkiraan urutan pekerjaan, skala waktu, dan analisa kemajuan pekerjaan pada saat pelaporan.

format yang biasa digunakan yaitu pada masing-masing balok minimal dibubuhi keterangan perihal :

1. Jenis pekerjaan.
Jenis pekerjaan didapat dari *Work Breakdown Structure* (WBS) yang telah dibuat dan disusun berdasarkan urutan pekerjaan
2. Kurun waktu kegiatan
Rencana atau perkiraan kurun waktu maupun kenyataan waktu yang digunakan.
Kenyataan waktu yang digunakann yang terungkap pada waktu

pelaporan biasanya digambarkan dengan garis tebal, sejajar dengan waktu perencanaan. Disini akan terlihat berapa besar perbedaan dan kenyataan.

3. Garis laporan

Laporan terakhir (setiap bulan) ditandai dengan garis putus vertical. Dengan demikian, akan terlihat seberapa jauh kemajuan atau keterlambatan masing-masing kegiatan.

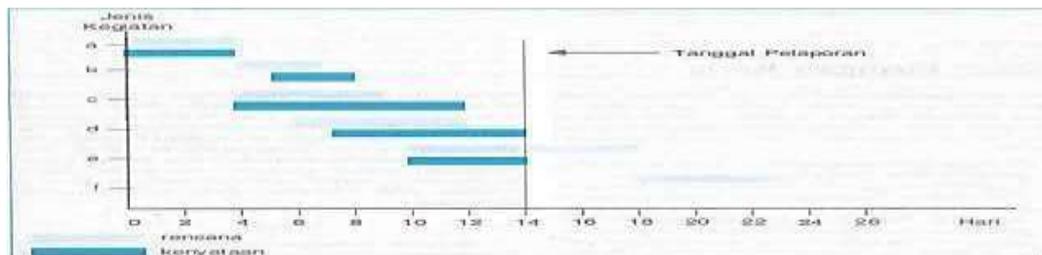
2.4.2 Milestone

Milestone atau tonggak sejarah dalam suatu proyek adalah suatu pencapaian penting yang terukur dengan jelas dalam tahapan penyelesaian suatu proyek. Dalam pembuatan *project schedule*, *milestone* ditulis sebagai suatu aktivitas tanpadurasi dan hanya mencantumkan tanggal dimana *milestone* tersebut harus dicapai. *Milestone* sendiri berfungsi sebagai alat dalam manajemen proyek untuk mengukur apakah pelaksanaan proyek masih sesuai, lebih cepat, atau bahkan terjadi keterlambatan progress dari yang telah disepakati.

Berikut merupakan contoh dari perkiraan waktu yang diperlukan untuk masing-masing pekerjaan dan penyajian penjadwalan proyek dapat dilihat pada tabel 2.2 dan gambar 2.2

Tabel 2.2: Perkiraan waktu yang diperlukan untuk masing-masing elemen pekerjaan (Wowor, F. N. 2013)

<i>Kegiatan</i>	<i>Waktu Rencana (Hari)</i>	<i>Waktu Rencana (Hari)</i>
<i>a</i>	4	4
<i>b</i>	3	3
<i>c</i>	5	8
<i>d</i>	6	Belum diketahui
<i>e</i>	8	Belum diketahui
<i>f</i>	5	Belum diketahui



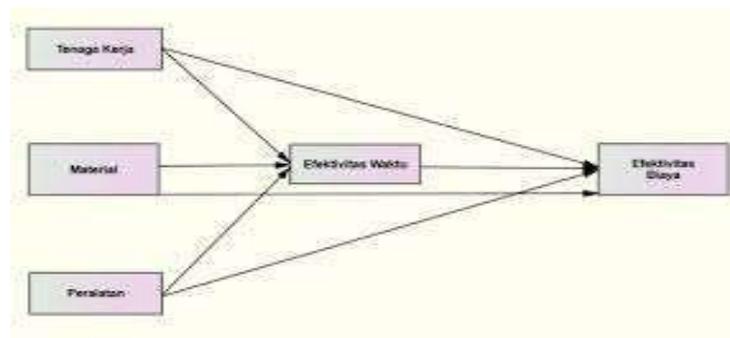
Gambar 2.2: Contoh penyajian perencanaan proyek dengan metode bagian balok

(Wowor, F. N. (2013).

2.4.3 Efektivitas tenaga kerja

Efektivitas kerja adalah suatu ukuran dan kemampuan dalam melaksanakan fungsi, tugas, program atau misi dari suatu organisasi atau perusahaan sesuai dengan target (kuantitas, kualitas dan waktu) yang telah ditetapkan. Efektivitas pekerjaan merupakan hubungan antara *output* dengan tujuan, semakin besar kontribusi (sumbangan) *output* terhadap pencapaian tujuan, maka semakin efektif organisasi, program atau kegiatan.

Efektivitas kerja adalah kemampuan untuk melakukan sesuatu yang tepat didasarkan pada tujuan yang telah ditetapkan atau direncanakan. Pelaksanaan suatu program sesuai dengan tujuan yang direncanakan menunjukkan efektivitas program tersebut dapat terlaksana dengan baik. Sebaliknya, ketidaksesuaian pelaksanaan program dengan tujuan yang ditetapkan memperlihatkan program yang dilaksanakan belum efektif.



Gambar 2.3: Efektivitas tenaga kerja (Yosy Marizan(1), S. P. (2019).

2.5 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas adalah kemampuan alat dalam satuan waktu (m^3/jam), dan alat berat merupakan factor penting didalam proyek terutama proyek-proyek kontruksi skala besar (rostiyanti,1999). Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasilyang diharapkan bias tercapai dengan lebih mudah dan wajtu yang relatif singkat. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas, waktu siklus alat, dan efesiensi alat. Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang kali. Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan diatasdisebut waktu siklus. Sedangkan waktu siklus sendiri terdiri dari beberapa unsur,

waktu yang diperlukan didalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT).

Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material kedalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut. Kemudian waktu angkut atau *hauling time* (HT), waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk bergerak dari tempat permuatan ketempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain. Pada saat kembali ketempat permuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali disebut *return time*. waktu kembali lebih singkat dari pada waktu berangkat karena kendaraan dalam keadaan tidak adamuatan .

Faktor efisiensi alat merupakan hasil produksi yang sebenarnya dari suatu peralatan yang biasa digunakan bisa tidak sama dengan hasil perhitungan berdasarkan data kapasitas yang tertulis pada brosur, karena banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi. Fakor-faktor tersebut adalah.

1. Faktor operator
2. Faktor peralatan
3. Faktor cuaca
4. Faktor kondisi medan/lapangan
5. Faktor manajemen kerja.

Untuk memberikan estimasi pada setiap faktor yang diatas adalah sulit sehingga untuk mempermudah pengambilan nilai digunakan, faktor-faktor tersebut digabungkan menjadi satu yang merupakan faktor kondisi kerja secara umum, selanjutnya faktor tersebut digunakan sbgai faktor efisiensi kerja alat (Fa). Tidak disarankan apabila kondisi operasional serta kondisi alat buruk karena akan daapat menghambat *progress*

Tabel 2.3: Indeks efisiensi kerja alat (Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2015)

kondisi operasional	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

2.6 Building Information Modeling

Building information modeling (BIM) adalah salah satu teknologi dibidang AEC (*Arsitektur Engineering dan Contruction*) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi didalam proyek pembangunan kedalam model 3D. Selain itu, BIM merupakan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional fasilitas. BIM adalah narasumber pengetahuan bersama untuk informasi tentang fasilitas yang membentuk dasar yang digunakan sebagai pengambilan keputusan selama masa siklusnya. Dengan kata lain, BIM merupakan system, manajemen, metode atau runtutan pekerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan kedalam model 3D.

Building information modeling (BIM) merupakan suatu metode atau tahapan, bukan sebuah aplikasi. Tujuan penggunaan BIM dalam dunia kontruksi adalah menghindari kesalahan dalam proses perancangan dan pembangunan. Penerapan BIM (*Building Information Modeling*) di Indonesia telah diterapkan oleh sejumlah perusahaan besar sector industry kontruksi seperti PT.Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk, PT.Wijaya Karya (persero), PT.Waskita Karya(Persero) Tbk, PT. Nindya Karya (persero), PT.Hutama Karya (Persero) dan beberapa PT yang lainnya yang merupakan perusahaan BUMN, serta beberapa PT swasta yang bergerak dibidang industry kontruksi juga sudah menerapkan system BIM, Seperti PT.Acset, PT.Total Bangun Persada, dan pemerintah juga mendorong industri kontruksi untuk penerapan BIM di bawah naungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Direktorat Jendral Bina Kontruksi.

Berdasarkan fungsi BIM (*Building Information Modeling*) dapat melibatkan para stakeholder untuk terlibat langsung dan dapat memantau tahap perencanaan, pembangunan serta pemeliharaan.

Sistem *building information modeling* juga telah diatur oleh peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia nomor 22/PRT/M/2018 tentang pembangunan bangunan gedung Negara yang pada lampirannya menyatakan bahwa penggunaan BIM wajib diterapkan pada

bangunan gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² dan di atas 2 lantai.



Gambar 2.4: Pihak yang terkait dalam BIM (Cinthia Ayu Berlian P., R. P. 2016)

Untuk para profesional yang terlibat didalam proyek infrastruktur dan non infrastruktur, BIM memungkinkan model informasi virtual untuk dikomunikasikan dari tim desain ke kontraktor utama, subkontraktor dan kemudian pemilik proyek yang bisa juga ke operator dengan masing-masing profesional menambahkan data spesifik ke model yang dapat di akses bersama, seluruh sistem dirancang untuk mengurangi kehilangan informasi yang terjadi, terutama ketika tim baru mengambil alih proyek. Sistem ini juga dapat menyediakan informasi luas tentang struktur yang kompleks (Eatsman,2009). Sistem ini menemukan jalannya lebih sebagai alat informasi dan kolaborasi kerja, sistem *building information modeling* semakin penting dalam memungkinkan kemudahan berkomunikasi dan menyediakan platform tempat semua orang dapat bekerja (dibandingkan dengan pemeliharaan tradisional atas informasi, ide dan gambar terpisah). Gambar berikut merupakan keuntungan dalam penggunaan BIM untuk sebuah proyek konstruksi.



Gambar 2.5: Keuntungan implementasi sistem BIM (Cinthia Ayu Berlian P., R. P. (2016)

BIM adalah alat teknis berharga yang sangat mampu memberikan manfaat signifikan dalam hal penghematan biaya, penghematan waktu, dan produktivitas secara keseluruhan. Untuk mewujudkan potensi keseluruhan sistem BIM, perlu digunakan secara kolaboratif oleh semua pemangku kepentingan utama melalui pengaturan kontrak berbasis hubungan (Stirton,2015)

Sistem *building information modeling* yang digunakan pada studi ini adalah BIM 5D atau disebut juga quantity take-off yang dimana perhitungandilakukan secara otomatis dan akurat serta cepat karena menggunakan sistem model 3D. sistem building information modeling memiliki tingkatan level yang berbeda. Model dimensi dalam BIM dibagi Menjadi 5 kelompok yaitu 3D, 4D,5D, 6D, dan 7D yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6: Model dimensi dalam BIM (Cinthia Ayu Berlian P., R. P. (2016).

Berdasarkan kegunaanya, model dimensi dalam BIM dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.6.1 BIM 3D, - Parametric Data In a Collaborative Model

Pada model BIM 3D, biasanya digunakan sebagai alat komunikasi terhadap pihak yang terlibat seperti arsitek, insinyur sipil, insinyur struktural, insinyur sistem mekanikal elektrik plumbing, pembangun, produsen, dan pemilik proyek dapat memahami dan menghasilkan pandangan dan informasi sesuai dengan kebutuhan mereka. Kemampuan visualisasi 3D BIM memungkinkan peserta untuk tidak hanya melihat bangunan dalam model 3D sebelum tanah pernah rusak tetapi juga untuk secara otomatis memberikan

pandangan baru sepanjang siklus hidup proyek, dari pembentukan konsep hingga pembongkaran. BIM 3D membantu peserta untuk mengelola kolaborasi multidisiplin mereka secara lebih efektif dan memodelkan dan menganalisa masalah spasial dan structural yang kompleks. Selain itu, karena data yang akurat dapat dikumpulkan sepanjang siklus hidup proyek dan disimpan dalam sistem *Building Information Modeling*(BIM), nilai baru dapat ditambahkan ke model prediksi yang memungkinkan untuk menyelesaikan masalah secara proaktif.

Keuntungan menggunakan BIM 3D yaitu.

1. Dapat mengembangkan visualisasi pada proyek, dan Komunikasi terhadap desain yang lebih inten.
2. Dapat mengembangkan kolaborasi multi disiplin ilmu.
3. Mengurangi kesalahan kerja.

2.6.2 BIM 4D- Scheduling

Pada BIM 4D biasa digunakan untuk menjadwalkan proyek dan jika jadwal proyek berubah dengan kata lain, BIM 4D (*4D building information modeling*) Digunakan untuk kegiatan yang berkaitan merencanakan lokasi konstruksi. 4D BIM ini dapat memungkinkan peserta untuk memvisualisasikan dan memahami kemajuan kegiatan mereka selama masa proyek. Pemanfaatanteknologi BIM 4D dapat menghasilkan peningkatan kendali atas konflik yang terdeteksi atau atas kompleksitas perubahan yang terjadi selama berlangsungnya proyek konstruksi. BIM 4D menyediakan metode untuk mengelola dan memvisualisasikan informasi status situs, mengubah dampak serta mendukung komunikasi dalam berbagai situasi seperti memberi tahu para staf dilokasi proyek atau peringatan terhadap resiko.

Keuntungan menggunakan BIM 4D yaitu

1. Mengintegrasikan BIM dengan model simulasi CAD 4D.
2. Membawa manfaat bagi pengguna dalam hal optimasi perencanaan.

2.6.3 BIM 5D- Estimating

Pada BIM 5D biasanya digunakan untuk menghitung anggaran dan analisa biaya yang berhubungan dengan kegiatan proyek. 5D dari BIM berkaitan

dengan 3D dan 4D saja. sehingga memungkinkan penggunaanya untuk memvisualisasikan progress dari aktivitas kegiatan proyek dan yang berhubungan dengan biaya keterlambatan. Manfaat dari teknologi 5D dari BIM dapat menghasilkan akurasi dan prediksi yang lebih baik dari perkiraan sistem konvensional, perubahan proyek yang lingkup pekerjaan atau perubahan tenaga kerja. Sistem *building information modeling* 5D menyediakan metode untuk memahami dan menganalisa biaya mengevaluasi scenario dan dampak perubahan. Keuntungan 5D dari BIM yaitu:

1. Mengintegrasikan BIM dengan model simulasi 3D
2. Memungkinkan pengembangan lebih efisien, hemat biaya dan konstruksi berkelanjutan
3. Menghasilkan perhitungan yang akurat karena menggunakan model 3D.

2.6.4 BIM 6D- Sustainability

Pada BIM 6D membantu menganalisa konsumsi energi. Penggunaan teknologi BIM 6D dapat menghasilkan estimasi energi yang lebih lengkap dan akurat sebelumnya dalam proses desain. Ini juga memungkinkan untuk pengukuran dan verifikasi selama kepemilikan bangunan dan peningkatan proses untuk mengumpulkan informasi dalam fasilitas bekinerja tinggi.

Keuntungan BIM 6D yaitu:

1. Mengintegritaskan BIM dengan model simulasi CAD 6D Mengarahkan pada pengurangan konsumsi energi secara keseluruhan.

2.6.5 BIM 7D- Facility Management

Pada BIM 7D digunakan manajer untuk pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas sepanjang siklus hidup fasilitas tersebut. Dimensi 7 BIM memungkinkan pengguna untuk memahami dan melacak aser data yang relevan seperti status komponen, panduan pemeliharaan/pengoperasian, data garansi, dll. Penggunaan teknologi dan 7D BIM dapat menghasilkan penggantian suku caadang yang lebih mudah dan cepat, kepatuhan yang dioptimalkan, dan manajemen siklus hidup aset yang efisien dari waktu ke waktu. BIM 7D menyediakan proses untuk mengelola

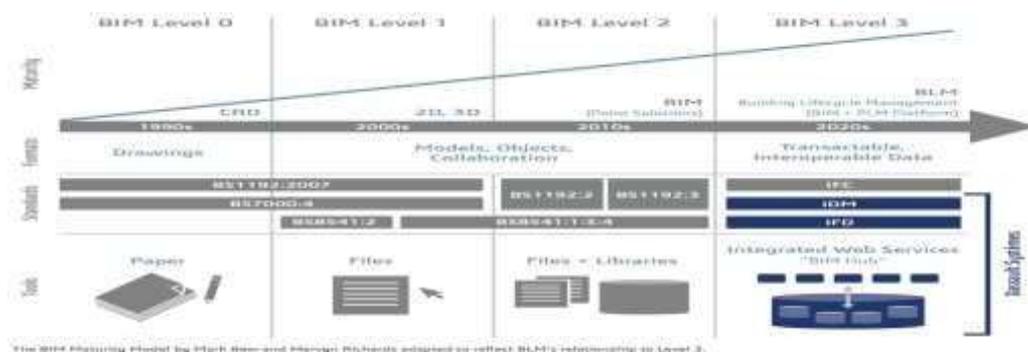
data subkontraktor/pemasok dan komponen fasilitas melalui seluruh siklus hidup fasilitas.

Keuntungan dari 7D BIM yaitu:

1. Mengintegritaskan BIM dengan model simulasi cad 7D mengoptimalkan manajemen aset dari desain hingga pembongkaran.
2. Memudahkan koordinasi ketika perawatan rutin aset-aset dalam bangunan konstruksi

2.7 Proses Bim Pada Proyek

Konsep dari sistem *building information modeling (BIM)* level telah menjadi definisi yang dapat diterima dari kriteria apa yang diperlukan untuk dipatuhi sesuai dengan kebutuhan sistem BIM, dapat dilihat dari proses yang diadopsi sebagai tahapan lanjutan dalam sebuah perjalanan yang telah diambil oleh industri dari papan gambar ke dalam komputer dan akhirnya ke era digital.



Gambar 2.7: BIM level (Cinthia Ayu Berlian P., R. P. (2016)

Pemerintah mengakui bahwa proses pemindahan industry konstruksi kekerja kolaboratif secara penuh akan menjadi progresif, dengan tonggak yang berbeda dan dapat dikenali telah didefinisikan dalam proses itu, kedalam bentuk "level". Ini telah didefinisikan dalam rentang dari 0 hingga 3, dan sementara ada beberapa perdebatan tentang makna yang tepat dari setiap tingkat, konsep luasnya adalah sebagai berikut.

2.7.1 BIM Level 0

Level ini adalah bentuk yang paling sederhana, level 0 secara efektif berarti tidak memiliki kolaborasi. Penggambaran CAD 2D saja yang digunakan,

terutama untuk produksi informasi. Keluaran dan distribusi melalui kertas atau cetakan elektronik, atau campuran keduanya. Mayoritas industry sudah maju jauh dari sekarang. (Sumber: NBS National BIM Report 2017)

2.7.2 BIM Level 1

Level ini umumnya terdiri dari CAD 3D untuk pengerjaan konsep dan gambar 2D untuk penyusunan dokumentasi persetujuan resmi dan informasi produksi. Untuk mencapai sistem *building information modeling* level 1. “Scottish Futures Trust” menyatakan ada beberapa hal yang harus dicapai yaitu:

1. Peran dan tanggung jawab yang harus disepakati
2. Konvensi penamaan harus diadopsi
3. Pengaturan harus dibuat untuk menciptakan dan memelihara proyek spesifik proyek
4. dan koordinasi spasial proyek.
5. Sebuah lingkungan data umum (*Common Data Enviroment*) untuk contoh sebuah proyek ekstranet
6. atau sistem manajemen dokumen harus diadopsi, untuk memungkinkan informasi dibagikan kepada semua anggota tim proyek.
7. Hirarki informasi yang sesuai harus disetujui harus disepakati yang mendukung konsep lingkungan data umum (*Common Data Enviroment*)
8. dan repository dokumen.

2.7.3 BIM Level 2

BIM level ini dibedakan berdasarkan kerja kolaboratif, dan membutuhkan “sebuah pertukaran informasi yang spesifik untuk proyek dan terkoordinasi antara berbagai sistem dan peserta proyek”(Sumber: Scottish Futures Trust).

Berbagai software CAD yang digunakan masing-masing pihak harus mampu mengekspor ke salah satu format file umum seperti IFC (*Industry Foundation Class*) atau COBIE (*Construction Operations Building Information Exchange*).Ini adalah metode kerja yang telah ditetapkan sebagai target minimum oleh pemerintah Inggris untuk semua pekerjaan pada pekerjaan sektor publik.

2.7.4 BIM Level 3

BIM level ini sepenuhnya ditentukan, namun visi ini diuraikan dalam rencana strategis level 3 pemerintah Inggris. Dengan rencana ini, mereka menetapkan “ langkah-langkah utama” untuk diamankan dengan pendanaan lebih lanjut:

1. Penciptaan satu set peraturan “*Open data*” internasional baru yang akan membuka jalan bagi kemudahan berbagi data.
2. Pembentukan kerangka kontrak baru untuk proyek yang telah dibeli dengan BIM untuk memastikan konsistensi, menghindari kebingungan dan dorongan, terbuka, kerja kolaboratif.
3. Penciptaan budaya lingkungan yang kooperatif , berusaha belajar dan berbagi.
4. Pelatihan klen sector public pada penggunaan Teknik BIM seperti kebutuhan data, metode operational dan proses kontrak.
5. Mendorong pertumbuhan domestic dan international serta pekerjaan dibidang teknologi dan kontruksi

2.8 Aplikasi sistem *Building Information Modeling* (BIM)

Building information modeling (BIM) didefinisikan sebagai sistem manajemen, metode, dan runutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi yang terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan kedalam model 3 dimensi.

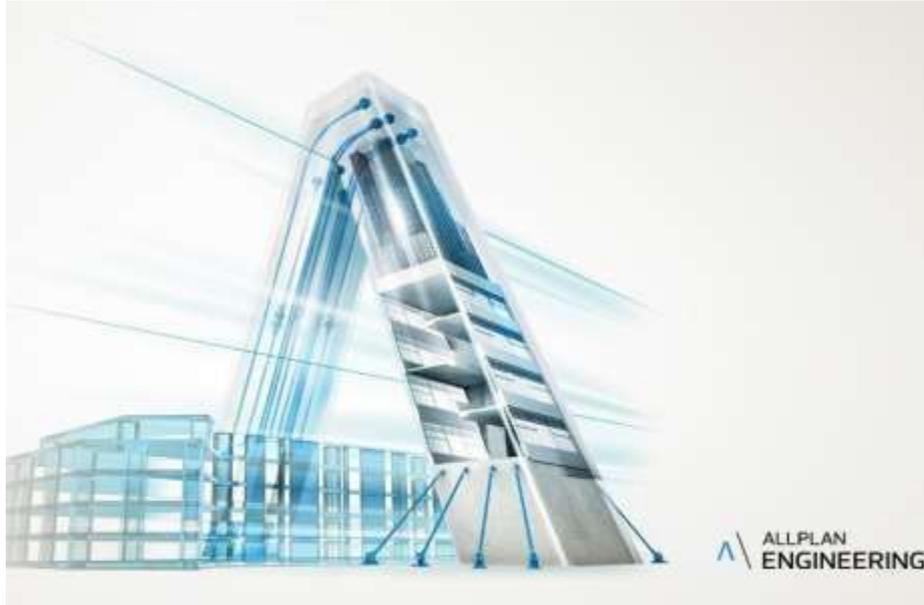
Pada studi kasus ini digunakan *software* yang dikembangkan oleh *Autodesk* yaitu perusahaan perangkat lunak untuk dunia industri kontruksi. *software* yang digunakan untuk memodelkan bentuk 3 dimensi Infrastruktur yang akan dibangun adalah *allplan* yang berbasis sitem BIM.

Akan tetapi, penerapan BIM (*Building Information Modeling*) pada tahapan rencana kontruksi di Indonesia masih sangat kurang serta masih terbatasnya Sumber Daya yang ada, menjadikan penulis mengkaji ulang penggunaan pada proyek kreta cepat Jakarta- bandung .

Berikut adalah penjelasan dari *software* *allplan* yang digunakan dalam studi kasus sebagai berikut:

2.8.1 Allplan

Merupakan salah satu program bantu berbasis BIM (*Building Information Modeling*) yang membantu pendokumentasian proyek secara lebih nyata dengan permodelan 3 dimensi (3D). Kelebihan pada *ALLPLAN* menjadi satu alasan untuk mulai mencoba melaksanakan perencanaan proyek konstruksi menggunakan aplikasi ini.



Gambar 2.8: BIM ALLPLAN (Allplan Engineering,2018)

Kelebihan yang dimiliki dari software *ALLPLAN* berbasis sistem *building information modeling* adalah kita dapat merancang bangunan seperti struktur, arsitektur, hingga MEP secara terintegrasi

2.8.2 ALLPLAN bridge

BIM jenis ini digunakan untuk permodelan objek berupa gambar 2D yang kemudian dapat diubah menjadi 3D sesuai kebutuhan. Software ini dapat mengekspor permodelan ke 3D secara langsung maupun dari gambar 2D pada autocad. Kemudian dilakukan pendetailan tulangan dan hasil output akhir berupa gambar shop drawing.

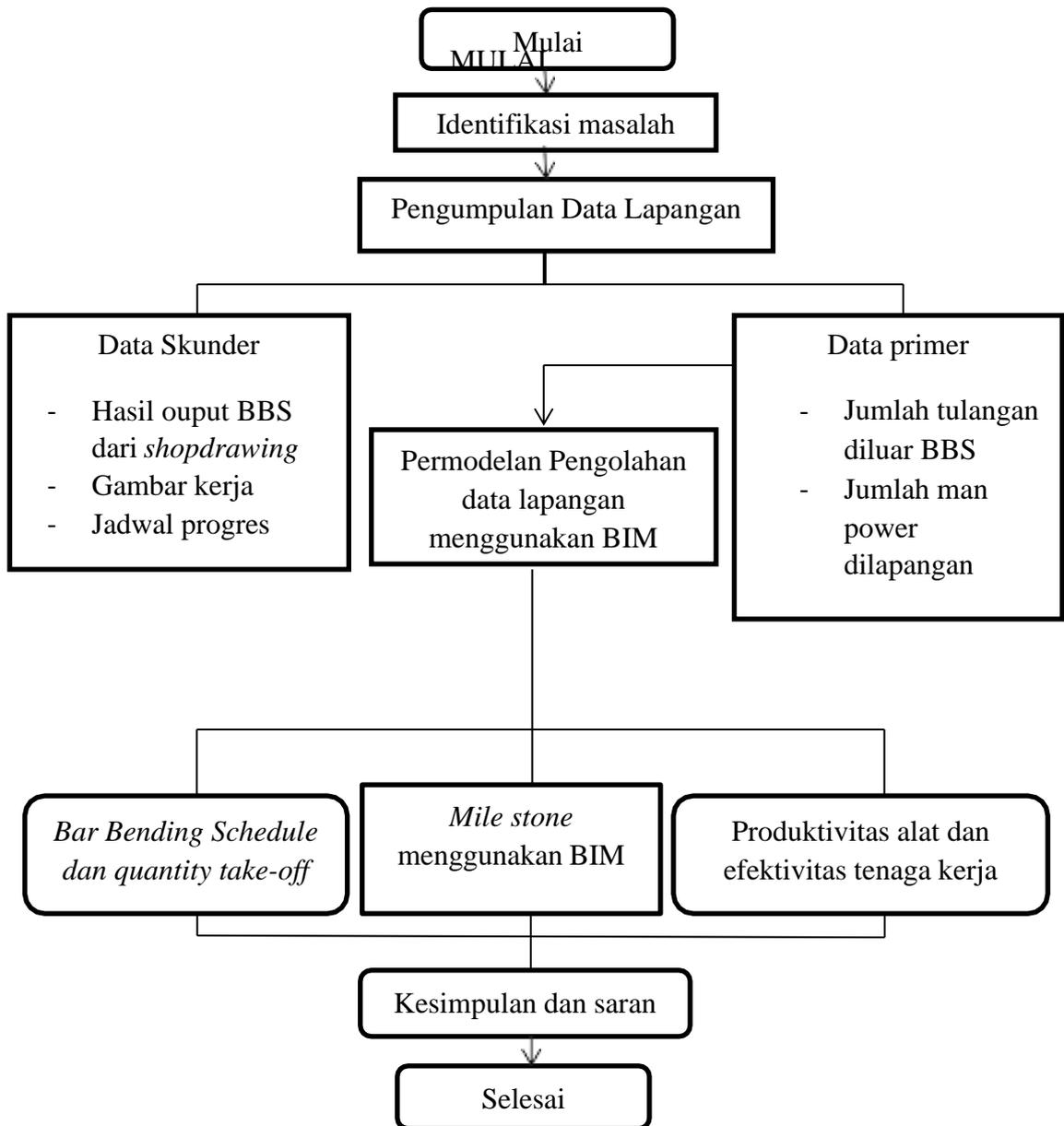
Selain itu software berbasis sistem *building information modeling* ini memiliki kelebihan yang bisa design model 3D struktur, design instalasi MEP(*mekanikal electrical plumbing*), perhitungan struktur, membuat hitungan

volume untuk kebutuhan BoQ, serta *schedule* dan metode. Dan memiliki kekurangan berupa keterbatasan dalam kreasi *modeling*.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum, diagram alir penelitian pada studi kasus ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada kompleks angkutan udara halim perdana kesuma yang berada di jalan wangko, Jakarta timur.



Gambar 3.2: *Layout* stasiun halim (PT.Wijaya karya, 2019)

3.2.2 Waktu Penelitian

Survei dilakukan yaitu pukul 09.00-11.30 WIB untuk pagi hari, pukul 12.30-15.30 WIB untuk siang hari, dan pukul 16.00-19.00 WIB untuk sore hari. Adapun data yang diperoleh berupa data kuisisioner, jumlah *man power* yang digunakan dilapangan, jumlah tulangan yang digunakan diluar *bar bending schedule*.

3.3 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, penulis melakukan analisa mengenai permasalahan yang terjadi yaitu efektifitas permodelan yang digunakan untuk penjadwalan dan perhitungan *quantity takeoff* serta *bar bending schedule* pada proyek *High Speed Railway jakarta – Bandung, Stasiun Halmi*. dengan menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM). Berdasarkan analisa ini, penulisan dapat memaparkan hasil kinerja *software* yang digunakan dalam proyek dan

menampilkan hasil yang lebih efisien dan akurat. Yang didukung dari data-data yang diperoleh dari kondisi lapangan secara langsung dan data-data dari pihak PT yang terlibat dalam proyek ini.

3.4 Penarikan Sampel

Dalam penelitian ini secara keseluruhan pengambilan sampel data dilakukan dengan metode pengamatan secara langsung dengan mengacu kepada penelitian yang bersifat perbandingan, maka ukuran sampel penelitian yang direkomendasikan adalah sebanyak kepada 3 *pier* yang terdiri dari 3 *pilecap*, 10 *borepile* pada setiap *pilecap* yang ada.

Sehingga peneliti menetapkan data-data primer dan skunder yang dibutuhkan pada penulisan tugas akhir ini dengan lokasi yang di tinjau P33- P36L6.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil kuesioner pada survei penelitian, data primer ini dikumpulkan melalui Pembagian kuisoner kepada pekerja , melakukan pengamatan terhadap jumlah *rebar* yang digunakan dilapangan, memantau metode pelaksanaan yang di terapkan dilapangan, memantau produktivitas alat berat terhadap progress yang ada lapangan dan juga mengamati progress yang berjalan.

Waktu pengamatan yang dilakukan terhadap tugas akhir ini dimulai pada 28 agustus 2019 – 28 agustus 2020, Setelah mempelajari literature dan mengumpulkan informasi terkait data-data yang diperlukan, kemudian dimodelkan kedalam software, *building information modeling* (BIM) yaitu allplan. untuk memperoleh hasil perhitungan *quantity take-off* dan *bar bending schedule* yang lebih akurat dengan kondisi dilapangan dan pada lokasi proyek yang di tinjau terkhususnya yaitu proyek *high speed railway* seksi stasiun halim P33-P36 L6 bidang 1 Jakarta timur. Serta *milestone* yang dikelola menggunakan *BIM*.

Bentuk pertanyaan formulir angket yang akan disurvei meliputi dua hal, yakni:

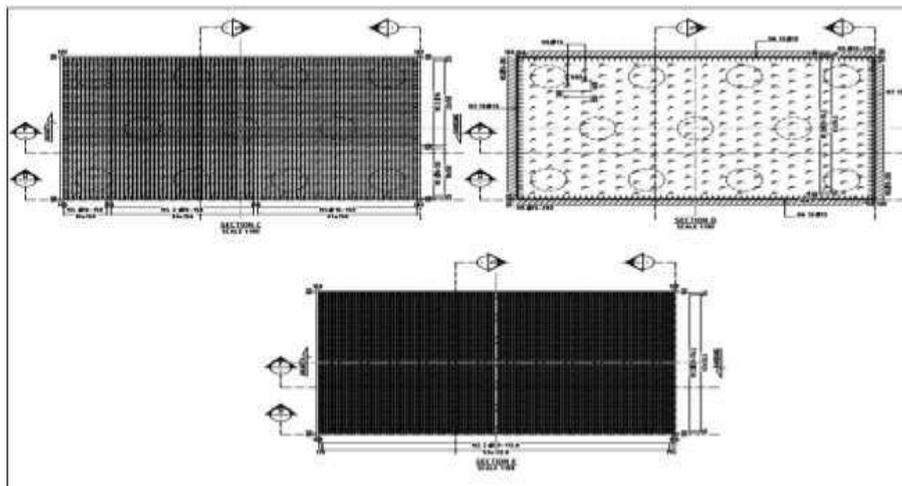
1. Pertanyaan akan difokuskan untuk mengetahui apakah jumlah rebar yang ada pada *bar bending schedule* sesuai atau tidak pada kondisi dilapangan dan apakah harus disesuaikan dengan *bar bending schedule* atau melihat kondisi dilapangan.
2. Pertanyaan difokuskan untuk mengetahui prefensi responden terhadap penerapan sistem *building information modeling* (BIM) pada lokasi yang ditinjau dan untuk memudahkan dalam berbicara antara pihak-pihak yang terkait,

Ade 2013, Dalam format kuesioner ini responden mengekspresikan pilihannya menggunakan Point Rating dengan 4 point, yaitu:

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Setuju (S)
4. Sangat Setuju (SS)

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari instansi atau perusahaan terkait, dalam hal ini PT. Wijaya Karya dan beberapa pihak yang terkait dalam proyek ini, data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi *shop drawing*, *output bar bending schedule* dari autocad.



Gambar 3.3: Detail pembesian *pilecap* (PT.wijaya karya, 2019)

3.6 Analisa Data

Setelah dilakukan pengamatan dan mendapatkan data primer serta data skunder kemudian dilakukan permodelan 3D dengan metode berbasis *building information modeling* (BIM) menggunakan *software* allplan, objek yang dianalisa untuk mengetahui hasil *bar bening schedule*, *quantitiy takeoff* menggunakan *software* allplan struktur yang berbasis *building information modeling* (BIM) dan dilakukan penjadwalan sesuai dengan *work breakdown structrures* yang dibuat. serta penjadwalan progress pelaksanaa dengan *software* allplan tersebut.

Pada tahapan ini dilakukan analisa perhitungan mengenai biaya, mutu, dan waktu yang akan terjadi ketika metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang akan digunakan pada proyek ini dan membandingkan dengan metode konvensional yang telah digunakan.

3.7 Kesimpulan Dan Saran.

Pada tahap ini, penulis membuat kesimpulan mengenai permasalahan yang akan dibahas dalam studi kasus ini beserta memberikan solusi atas permasalahan tersebut.

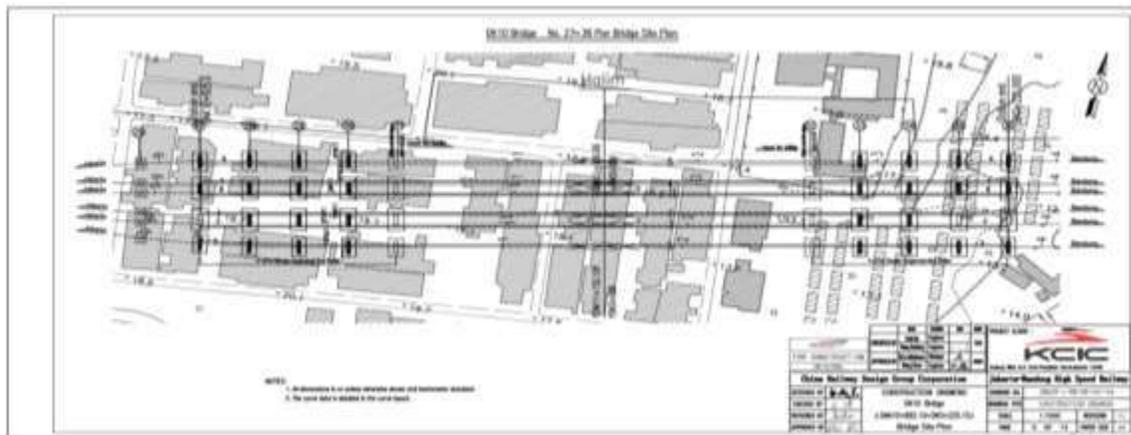
BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek *high speed railway* menghubungkan kota Jakarta dengan kota Bandung yang mampu ditempuh dengan waktu ± 40 menit. Panjang trase yang dimiliki proyek ini 142,3 kilometer dengan 4 stasiun yang berada di Jakarta, Karawang, Walini, dan Bandung. Berikut ini merupakan gambaran umum proyek *high speed railway*. Pemilik proyek : PT.KCIC (Kereta Cepat Indonesia China), Nama proyek : Proyek Kereta Cepat Jakarta - Bandung, Pelaksana proyek : PT. Wijaya Karya (persero) Tbk, Lokasi proyek : Halim Perdana Kusumah, Jakarta Timur

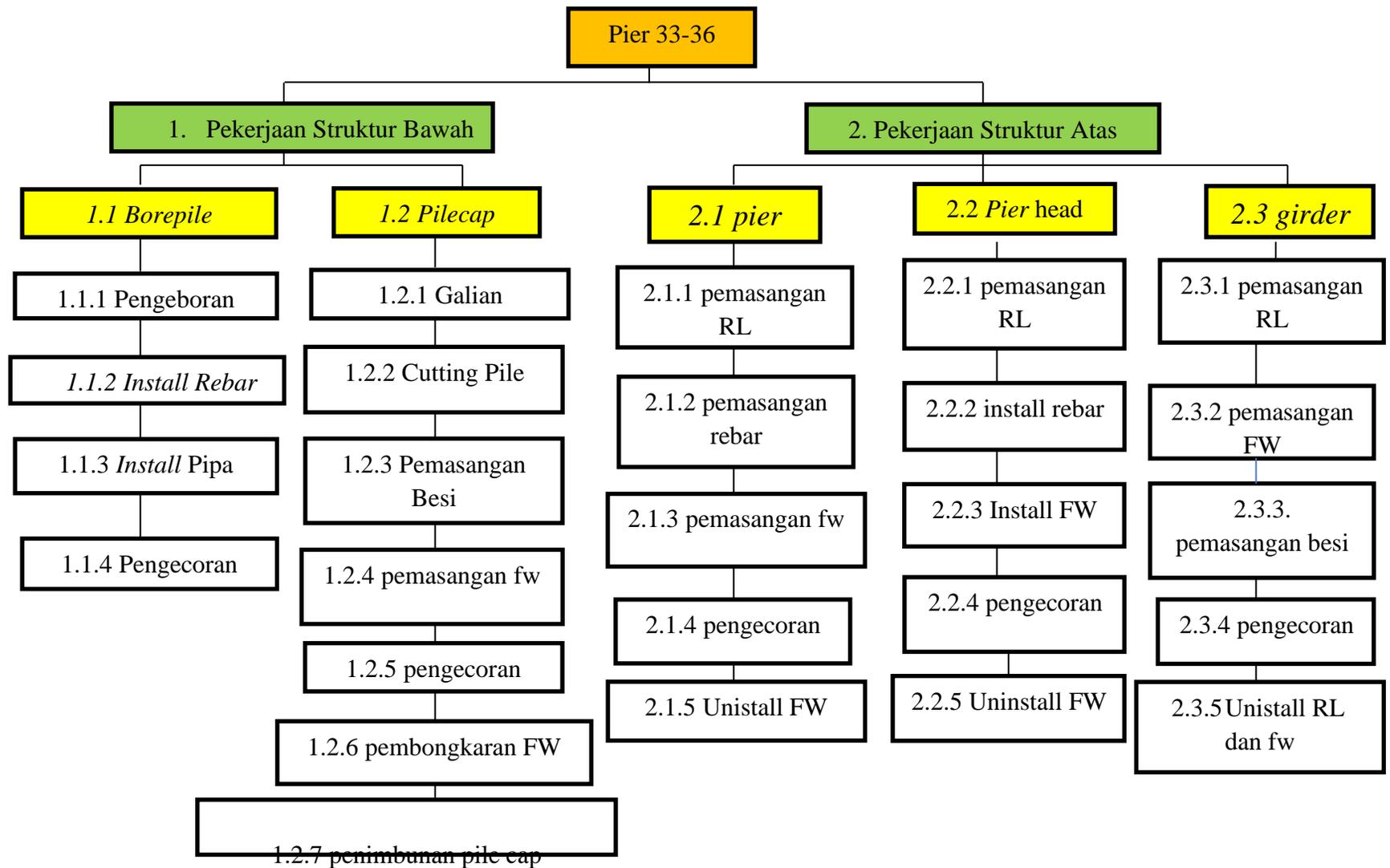
Lokasi yang jadi bahan pembahasan dalam penulisan tugas akhir adalah dilakukan pada proyek *high speed railway* seksi stasiun Halim Perdana Kusumah, bidang 1 pier 33-36 L6.



Gambar 4.1: *site plan* stasiun halim (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .

4.2 Work Breakdown Struktur

Dalam melakukan penjadwalan proyek dibutuhkan *work breakdown* struktur (WBS) untuk mengidentifikasi urutan jenis pekerjaan. WBS dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3: WBS P33-P36 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk)

4.3 Produktivitas Alat Berat Dan Tenaga Kerja

Untuk menyusun jaringan kerja dibutuhkan durasi dari masing-masing kegiatan tersebut. Perhitungan durasi tiap-tiap kegiatan didasarkan pada volume pekerjaan, jumlah kebutuhan tenaga kerja dan produktivitas tenaga kerja. Angka produktivitas tenaga kerja didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan.

4.3.1 Pekerjaan *Borepile*

Pekerjaan *borepile* terdiri dari tahap pengeboran dengan diameter lobang 1250mm dan kedalaman beragam dari 50-56 m sesuai dengan desain rencana masing-masing pier, tahap instalasi besi bore pile yang terdiri dari 5 section dengan jumlah 4 titik sambungan, dan yang terakhir yaitu tahap pengecoran. Sebagai contoh data yang digunakan yaitu pekerjaan pengeboran pada salah satu borepile pier P33L6

4.3.1.1. Pengeboran

Pada tahap pengeboran, alat berat yang digunakan yaitu alat bor auger tipe SR-60 dengan mata bor jenis bucket berdiameter 1250 mm. Alat bor *auger* tipe SR-60 dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4: alat bor *auger* tipe SR-60 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .

Dengan spesifikasi sebagai berikut ;

- berat (W) : 60 ton
- maksimum diameter : 2000 mm

- maksimum kedalaman : 77,5 mm

Data yang digunakan untuk perhitungan produktivitas alat bor SR-60 didapat dari pengamatan dilapangan langsung, yaitu sebagai berikut :

- kedalaman lobang (h) : 58 m
- diameter lobang (d) : 1250 mm
- durasi pengeboran (t) : 5 jam
- durasi kerja perhari : 19 jam

Perhitungan produktivitas :

$$\text{produktivitas (Q)} = \frac{\text{Kedalaman lobang (h)}}{\text{durasi pengeboran (t)}} = \frac{58\text{m}}{5\text{jam}} = 11,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{produktivitas harian} &= \text{produktivitas (Q)} \times \text{durasi pekerjaan} \\ &= 11,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 19 \text{ jam} = 220,4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.3.1.2 Pemasangan Besi

Pada tahap pemasangan besi, alat berat yang digunakan adalah 1 unit *crawler crane* 50 ton sebagai alat bantu dan *man power* sebanyak 3 orang yang terdiri dari 1 orang tukang las dan 2 orang *helper* . *crawler crane* dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5: *crawler crane* 50 ton (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .

Data yang digunakan merupakan hasil dari pengamatan dilapangan dan berdasarkan shop drawing yang ada, yaitu :

- panjang besi (L) : 55,36 m
- berat besi (L) : 6373,56 kg (6,37 ton)
- jumlah sambungan (n) : 4 sambungan
- durasi pekerjaan (t) : 3 jam
- durasi kerja perhari : 19 jam

Perhitungan produktivitas man power :

$$\begin{aligned} \text{produktivitas (Q)} &= \frac{\text{Berat besi borepile}}{\text{durasi pekerjaan (t)} \times \text{pekerja}} \\ &= \frac{6,37 \text{ ton}}{3 \text{ jam} \times 3 \text{ orang}} \\ &= 0,71 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian/orang} &= \text{produktivitas (Q)} \times \text{durasi kerja} \\ &= 0,71 \text{ ton/jam} \times 19 \text{ jam} \\ &= 13,49 \text{ ton /hari} \end{aligned}$$

Produktivitas harian pemasangan tremi sebesar 17.04 ton/hari/orang, jika digunakan *man power* sebanyak 3 orang, maka produktivitas yang dihasilkan yaitu;

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= \text{produktivitas harian/ orang} \times \text{jumlah man power} \\ &= 17,04 \text{ ton/hari} \times 3 \\ &= 51,12 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

4.3.1.3 Pemasangan Pipa Tremi

Pada tahap pemasangan pipa tremi, alat berat yang digunakan adalah 1 unit *crawler crane* 50 ton dan *man power* sebanyak 3 orang. Data yang digunakan merupakan hasil dari pengamatan langsung dilapangan, yaitu sebagai berikut ;

- panjang pipa tremi (L) : 56,5 jam
- durasi pekerjaan (t) : 1,5 jam
- durasi kerja perhari : 8 jam

Perhitungan produktivitas :

$$\begin{aligned}
 \text{produktivitas (Q)} &= \frac{\text{Panjang pipa tremi (L)}}{\text{Durasi pekerjaan (t)} \times \text{pekerja}} \\
 &= \frac{56,5 \text{ m}}{1,5 \text{ jam} \times 3 \text{ orang}} \\
 &= 12,56 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas harian/orang} &= \text{produktivitas (Q)} \times \text{durasi kerja} \\
 &= 12,56 \text{ m}^3/\text{jam} \times 20 \text{ jam} \\
 &= 251,2 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas harian pemasangan tremi sebesar 301,44 m/hari,orang, jika digunakan man power sebanyak 3 orang maka produktivitas yang dihasilkan yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas harian} &= \text{produktivitas harian / orang} \times \text{jumlah man power} \\
 &= 301,44 \times 3 \text{ orang} \\
 &= 753,6 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4.3.1.4 Pengecoran

Pada tahap pengecoran *borepile* menggunakan man power sebanyak 4 orang dengan bantuan 1 unit alat berat *truck mixer* . data yang digunakan merupakan hasil pengamatan langsung dilapangan, yaitu sebagai berikut :

- panjang borepile : 57,036 m
- volume (v) : 69,99 m³
- durasi pengecoran (t) : 1,5 jam

- durasi pekerjaan/ hari : 20 jam

Perhitungan produktivitas manpower:

$$\begin{aligned} \text{produktivitas } (Q) &= \frac{\text{volume borepile } (L)}{\text{durasi pekerjaan } (t)} \\ &= 69,99\text{m}^3/1,5 \text{ jam} \\ &= 46.66 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= \text{produktivitas } (Q) \times \text{durasi kerja} \\ &= 46.66 \text{ m}^3/\text{jam} \times 20 \text{ jam} \\ &= 933.3 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Produktivitas harian pengecoran sebesar 933.3 m³/hari, jika digunakan *manpower* sebanyak 4

- truck mixer

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{CT}$$

Untuk waktu siklus, data yang digunakan ialah data yang diperoleh dilapangan yaitu :

T2 : 10 menit

T4 : 6 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus } (CT) &= T2 + T4 \\ &= (5 + 4) \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V \times Fa \times 60}{CT} = \\ \frac{7 \text{ m}^3 \times 0,83 \times 60}{9 \text{ menit}} &= 38,73 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan jam kerja selama 20 jam maka produktivitas harian pengecoran yaitu;
Produktivitas harian truck mixer = Q × durasi kerja = 38,73 × 24 jam = 774.6
m³/hari

4.3.2 Pekerjaan *pilecap*

Pekerjaan *pilecap* terdiri dari tahap galian yang menggunakan alat berat berupa *excavator* yang kemudian diangkut menggunakan *dumptruck*, pembesian dan pemasangan bekisting yang menggunakan bantuan 1 unit alat berat berupa *rafter crane*, pengecoran menggunakan *concrete pump*, pembongkaran bekisting menggunakan 1 unit alat berat berupa *rafter crane* dan penimbunan *pilecap* menggunakan *excavator*. Data yang digunakan untuk contoh perhitungan diambil dari pier P33L6

4.3.2.1 Galian Dan Pemindahan Tanah

Pada tahap galian dan pemindahan tanah galian, alat berat yang digunakan yaitu 1 unit excavator kobelco tipe PC 200 dan 1 *dumptruck* kapasitas $24 m^3$. Alat berat dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7

Spesifikasi excavator kobelco PC 200 yang diperoleh dari data lapangan sebagai berikut :

- kapasitas bucket : $0,97 m^3$
- swing radius : 2750 mm
- digging dept (max) : 6620 mm
- digging reach (max) : 9875 mm



Gambar 4.6: excavator kobelco PC 200 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .

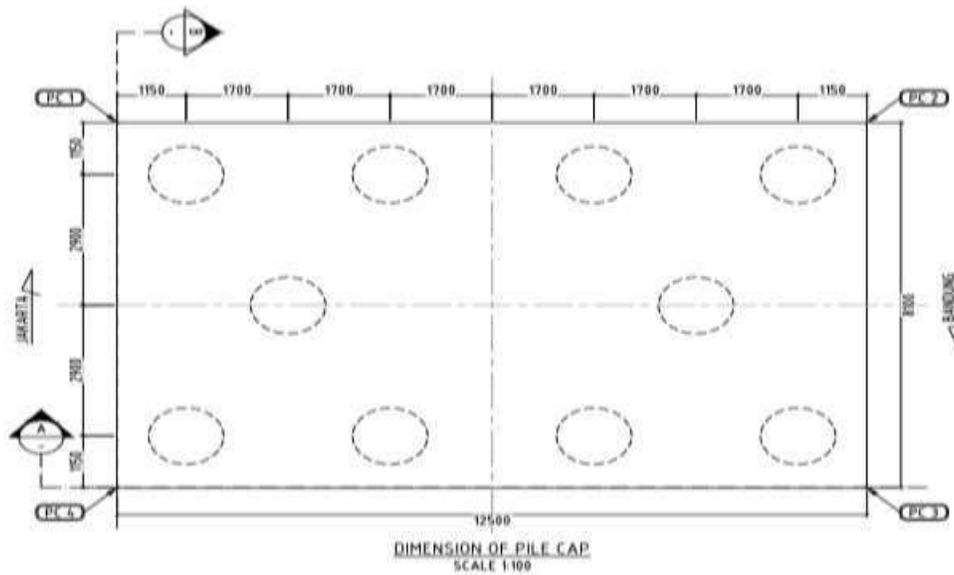
Spesifikasi dumptruck 24 m³ sebagai berikut :

- volume bak = 24 m³
- kapasitas bak = 24 ton

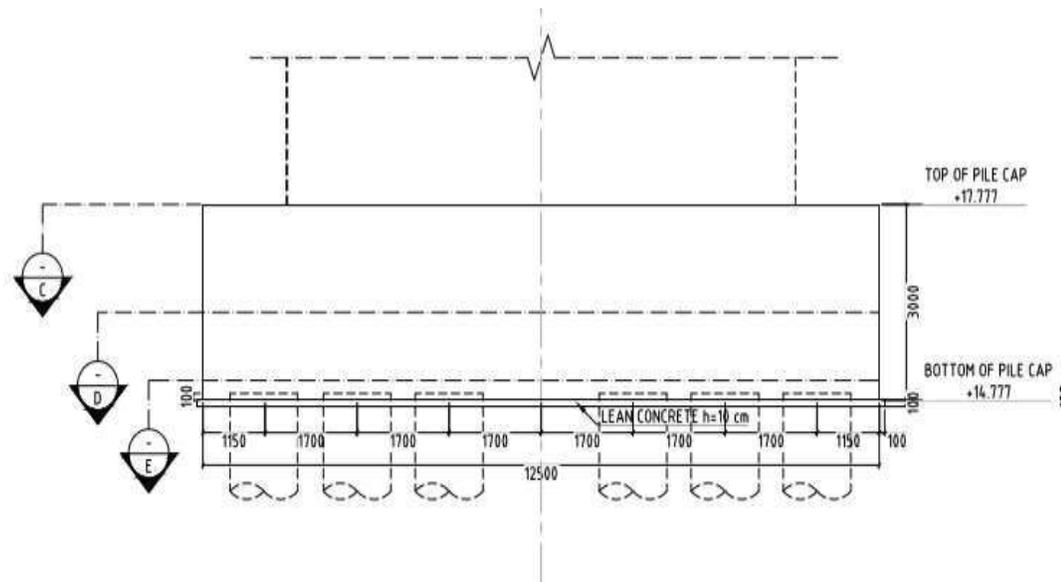


Gambar 4.7: dumptruk 24 m³ (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .

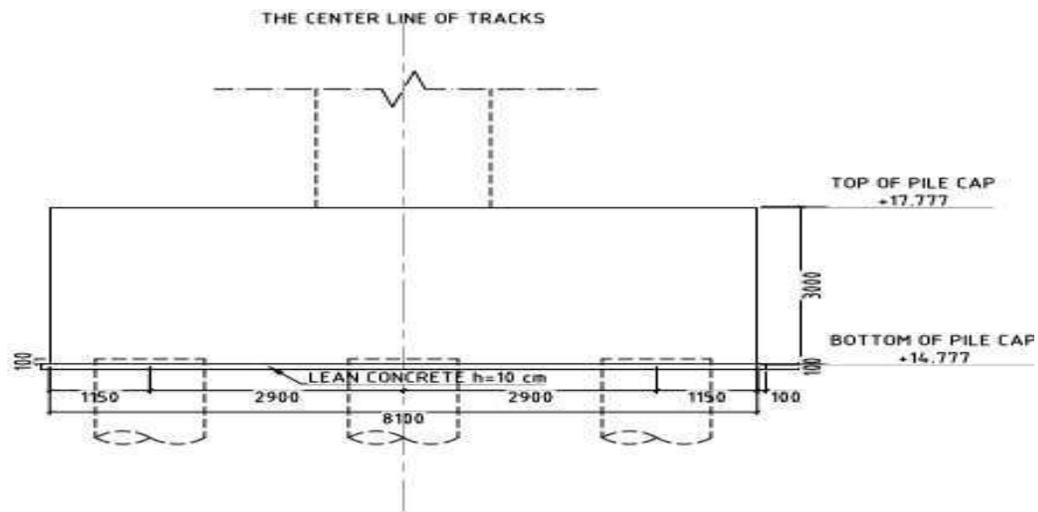
Berikut dimensi pilecap pada P33L6 :



Gambar 4.8: pilecap pier P33L6-P36L6 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk .



Gambar 4.9: Tampak memanjang P33L6-P36L6 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk.



Gambar 4.10: Tampak melintang P33L6-P33L6 (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk.

Untuk pekerjaan galian, dimensi pilecap berupa panjang dan lebar dilebihkan 1 meter untuk memberikan ruang pemasangan bekisting. Jadi volume galian yang dibutuhkan adalah :

Volume = panjang \times lebar \times tinggi

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 14,5 \text{ m} \times 10,1 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \\ &= 454 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas alat berat sebagai berikut ;

- excavator

$$Q = \frac{3600 \times V \times Fa \times fb}{CT \times Fv}$$

Tabel 4.1: Faktor Bucket (Fb)

Kondisi operasi	kondisi lapangan	Faktor Bucket (Fb)
mudah	tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,1-1,2
sedang	tanah biasa berpasir, kering	1-1,1
agak sulit	tanah biasa berbatu	1-0,9
sulit	batu pecah hasil	0,9-0,8

Tabel 4.2: Faktor Konversi Galian (Fv)

kondisi galian (kedalaman galian/kedalaman galian max)	kondisi membuang dumpling			
	mudah	normal	agak sulit	sulit
< 40 %	0,7	0,9	1,1	1,4
(40-75) %	0,8	1	1,3	1,6
>75 %	0,9	1,1	1,5	1,8

Tabel 4.3: Faktor efisiensi kerja alat

kondisi operasi	faktor efisiensi
baik	0,83
sedang	0,75
agak kurang	0,67
kurang	0,58

Data-data yang digunakan:

- faktor *bucket* (Fb) : 1
- faktor konversi galian (Fv) : 1,1
- faktor efisiensi alat (Fa) : 0,83
- waktu gali (T1) : 15 detik
- waktu swing (T2) : 9 detik
- waktu buang (T3) : 7 detik
- Durasi jam kerja /hari : 11 jam

Perhitungan produktivitas:

$$\text{Waktu siklus} = T1 + (2 \times T2) + T3$$

$$= 15 \text{ detik} + (2 \times 9 \text{ detik}) + 4 \text{ detik}$$

$$= 40 \text{ detik}$$

$$Q = \frac{3600 \times 0,97 \text{ m}^2 \times 0,83 \times 1}{40 \text{ detik} \times 1,1} = 65,872 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas harian = produktivitas (Q) × durasi kerja

$$= 65,872 \text{ m}^3/\text{jam} \times 11 \text{ jam}$$

$$= 724,59 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dump truck

Data yang digunakan :

- Kecepatan isi : 20 km/jam
- Kecepatan kosong : 30 km/jam
- Faktor efisiensi (Fa) : 0,81 (baik)
- Berat isi tanah (ton/m³) : 1,7 ton/m³
- Jarak tempuh buang galian : 0,375 km

Perhitungan produktivitas :

$$\text{Waktu muat (T1)} = \frac{V \times 60}{D \times Q_{EXC}} = \frac{24 \text{ ton} \times 60}{1,7 \text{ ton/m}^3 \times 65,78 \text{ m}^3/\text{jam}} = 12,86 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

$$\text{Waktu tempuh isi (T2)} = \frac{L \times 60}{V1} = \frac{0,375 \text{ km} \times 60}{20 \text{ km/jam}} = 1,125 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu tempuh kosong (T2)} = \frac{L \times 60}{V2} = \frac{0,375 \text{ km} \times 60}{30 \text{ km/jam}} = 0,75 \text{ menit}$$

Waktu bongkar (T4) = 7 menit,

dan waktu siklus = T1+T2+T3+T4

$$= 12,86 \text{ menit} + 1,125 \text{ menit} + 0,75 \text{ menit} + 7 \text{ menit}$$

$$= 21,73 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{60 \times 24 \text{ ton} \times 0,81}{1,7 \text{ ton/m}^3 \times 21,73 \text{ menit}} = 31,75 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas harian = produktivitas (Q) × durasi kerja

$$= 31,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 11 \text{ jam}$$

$$= 347,25 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

4.3.2.2 Cutting Pile

Cutting pile menggunakan metode *hammer*, dimana *borepile* dipotong dengan menggunakan palu besar. Untuk 1 *borepile* dikerjakan oleh 1 tim yang terdiri dari 2 orang. Berdasarkan data dilapangan. 1 tim sanggup menyelesaikan pekerjaannya dengan durasi 1,5 hari. Maka produktivitasnya yaitu :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{jumlah titik}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

$$= \frac{1 \text{ titik}}{1,5 \text{ hari}}$$

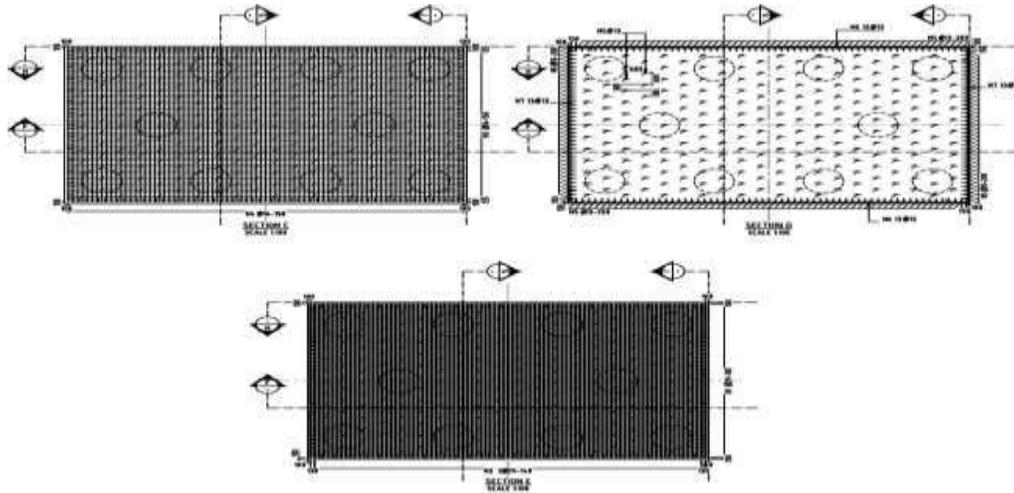
$$= 0,667 \text{ titik/hari}$$

Maka produktivitas pekerjaan *cutting pile* dengan 1 tim terdiri dari 2 orang sebesar

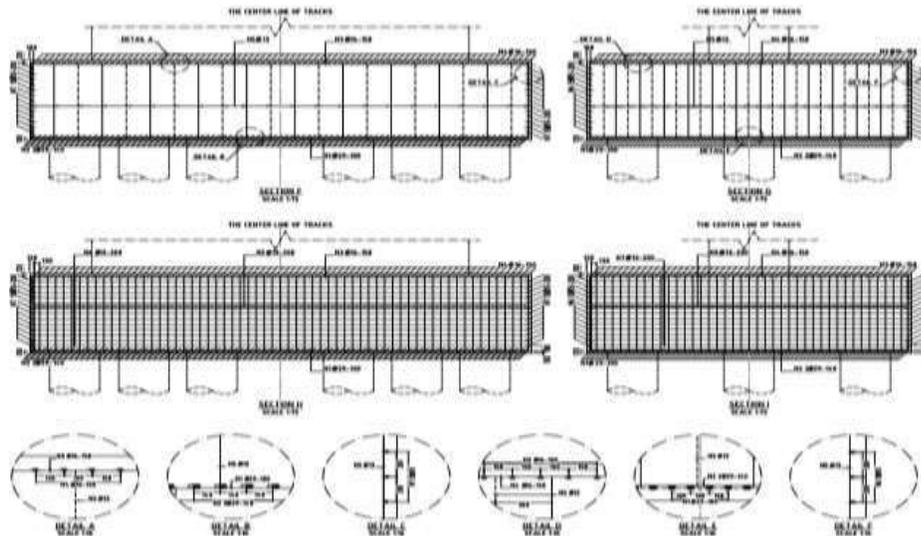
0.667 titik/hari.

4.3.2.3 Install Rebar pekerjaan pilecap

Pada tahap ini, pemasangan besi *pilecap* dikerjakan oleh 9 tenaga kerja yang terdiri dari 8 orang tukang besi dan 1 orang tukang las. Adapun gambar penulangan pilecap dapat dilihat pada gambar 4.11 – 4.12



Gambar 4.11: Tampak atas (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk).



Gambar 4.12: Tampak memanjang dan melintang (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk)

Berikut merupakan tabel berat besi untuk setiap diameter yang digunakan pada *pilecap* dan *stack pier* P33L6 yang diperoleh dari hasil pengamatan selama 7 bulan diarea.

Dengan data yang diperoleh dari data dilapangan :

- manpower : 9 orang
- durasi pekerjaan : 4 hari
- durasi jam kerja : 11 jam
- berat besi : 18116,02 kg + 17581,00 = 35697,02 kg

Maka perhitungan produktivitas pemasangan besi *pilecap* dan *stack pier* yaitu sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{berat besi}}{\text{durasi pekerjaan}} \\ &= \frac{35967,02}{4} \\ &= 8991,755 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Maka produktivitas pemasangan besi *pilecap* dengan 1 tim yang terdiri dari 9 orang sebesar 8991,755 kg/hari

4.3.2.4 Install Formwork

Pada tahap pemasangan bekisting menggunakan *manpower* sebanyak 6 orang dengan alat bantu *rougher crane* untuk mengangkat bekisting. Berdasarkan pengamatan dilapangan didapatkan data sebagai berikut :

- luas bekisting : 354,375 m³
- durasi pekerjaan : 2 hari
- durasi jam kerja : 11 jam/ hari

Maka perhitungan produktivitas pemasangan bekisting pilecap sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{produktivitas} &= \frac{\text{luas bekisting}}{\text{durasi pekerjaan}} \\ &= \frac{354,375\text{m}^3}{2 \text{ hari}} \\ &= 177,54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka produktivitas pemasangan bekisting pilecap 1 tim yang terdiri 6 orang sebesar $177,54 \text{ m}^3/\text{hari}$

4.3.2.5 Pengecoran

Pengecoran pilecap menggunakan alat berat berupa *concrete truck mixer* dan *concrete pump*, sedangkan *man power* yang digunakan sebanyak 8 orang. Untuk perhitungan produktivitas pengecoran diambil dari produktivitas terkecil diantara *concrete truck mixer* dan *concrete pump* masing dapat dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14



Gambar 4.13: *concrete pump* (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk).



Gambar 4.14: *truck mixer* (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk).

Produktivitas *concrete truck mixer* :

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{CT}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu siklus (CT)} &= T_2 + T_4 \\ &= 14 \text{ menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= \frac{V \times Fa \times 60}{CT} \\ &= \frac{7m^3 \times 0,83 \times 60}{14 \text{ menit}} = 24,6 m^3\end{aligned}$$

Produktivitas *concrete pump*

Produktivitas *concrete pump* didapatkan dari pengamatan dilapangan, maka perhitungan yaitu :

- volume : $150 m^3$

- durasi : 6 jam

$$\begin{aligned}Q &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{150 m^3}{6 \text{ jam}} \\ &= 25 m^3/\text{jam}\end{aligned}$$

4.3.2.6 Pembongkaran Bekisting

Tahapan pembongkaran bekisting menggunakan *manpower* sebanyak 5 orang dan alat bantu berupa *excavator*. Untuk perhitungan produktivitasnya yaitu sebagai berikut:

- man power : 5 orang

- durasi pekerjaan : 1 hari

- durasi jam kerja : 11 jam

- luas bekisting : $354,375 m^3$

Perhitungan produktivitas pembongkaran bekisting :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{luas bekisting}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

$$= \frac{354,375 \text{ m}^2}{1 \text{ hari}}$$

$$= 354,375 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Maka produktivitas pembongkaran bekisting *pilecap* dengan 1 tim yang terdiri dari 5 orang sebesar $354,375 \text{ m}^2/\text{hari}$

4.3.2.7 Penimbunan *Pilecap*

Tahap penimbunan *pilecap* merupakan tahap akhir dari pekerjaan *pilecap*, volume tanah yang dibutuhkan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Tanah timbunan} &= \text{volume galian} - \text{volume pilecap} \\ &= (14,5 \times 10,1 \times 3,1) \text{ m}^3 - (12,5 \times 8,1 \times 3,1) \text{ m}^3 \\ &= 140,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap timbunan *pilecap* menggunakan produktivitas *excavator* yaitu sebesar $724,59 \text{ m}^3/\text{hari}$

4.3.3 Pekerjaan *Pier Column* Dan *Pier Head*

Pekerjaan *pier* pada P33-P36 L6 dibagi menjadi 2 yaitu pekerjaan *pier column* dan pekerjaan *pier head* dengan tinggi *pier column* 8,5 m dan pekerjaan *pier head* 4,5 m. total ketinggian *pier* dari permukaan *pile cap* yaitu 13 meter dari permukaan *pilecap*. Tahapan pekerjaan pada *pier* secara bertahap yaitu pemasangan PCH (*Perth contrustion hire*), pembesian *pier*, pemasangan bekisting, pengecoran dan pembongkaran bekisting. Alat berat yang digunakan adalah *rougter crane* untuk tahap pembesian, pemasangan bekisting dan pembongkaran bekisting, *concrete pump* digunakan untuk tahap pengecoran *pier column* dan *pier head*. Perhitungan produktivitas *pier column* dan *pier head* menggunakan data lapangan pada pekerjaan *pier* P33L6

4.3.3.1 Pemasangan PCH (*Perth contrustion hire*)

Pada tahap ini, PCH dipasang berdasarkan tingkat layer yang dibutuhkan dengan ketinggian 1 layer yaitu 2 meter. Berdasarkan pengamatan dilapangan,

pekerjaan pier column setinggi 8,5 meter menggunakan 4 layer sehingga ketinggian PCH yaitu 8 meter. Pemasangan PCH menggunakan 10 *manpower*. Data yang terkait pemasangan PCH berdasarkan pengamatan dilapangan yaitu sebagai berikut:

- jumlah layer : 4 layer
- durasi pekerjaan : 2 hari
- durasi jam kerja : 11 jam/hari

Perhitungan produktivitas pemasangan PCH yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{produktivitas} &= \frac{\text{jumlah layer}}{\text{durasi pekerjaan}} \\
 &= \frac{4 \text{ layer}}{2 \text{ hari}} \\
 &= 2 \text{ layer/hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap pemasangan PCH (*Perth contrustion hire*) dengan 1 tim yang terdiri dari 10 orang man power sebesar 2 layer/hari

4.3.3.2 Install Rebar

Pada tahap ini pemasangan besi *stack pier* dikerjakan beriringan dengan pengerjaan besi *pilecap* dan dilanjutkan dengan proses besi *pierbody* menggunakan *man power* sebanyak 7 orang dengan durasi pekerjaan 2 hari, dan pemasangan *pier head* menggunakan *man power* sebanyak 7 orang dengan durasi pekerjaan 4 hari. Gambar pembesian *pier column* P33L6 dapat dilihat pada gambar 4.16

Dengan data yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- man power : 7 orang
- durasi pekerjaan : 3 hari
- durasi jam kerja : 11 jam

Maka perhitungan produktivitas pemasangan besi *pier column* yaitu sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{berat besi}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

$$= \frac{9093,36}{3}$$

$$= 3031,12 \text{ kg/hari}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap pemasangan besi *pier column* dengan 1 tim terdiri dari 7 orang sebesar 3031,12 kg/hari. Untuk perhitungan pembesian *pier head* sebagai berikut:

Dengan data yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- man power : 7 orang
- durasi pekerjaan : 4 hari
- durasi jam kerja : 11 jam/hari

Maka perhitungan produktivitas pemasangan besi *pier head* sebagai berikut :

$$\text{produktivitas} = \frac{\text{berat besi}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

$$= \frac{6469,07 \text{ kg}}{4 \text{ hari}}$$

$$= 1617,26 \text{ Kg/hari}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap pemasangan besi *pier head* dengan 1 tim yang terdiri dari 7 orang sebesar 1617,26 Kg/hari.

4.3.3.3 Install Bekisting

Pada tahap pemasangan bekisting *pier column* dan *pier head* menggunakan man power sebanyak 6 orang dengan durasi pekerjaan 2 hari dan menggunakan alat berat berupa *rougher crane*. Perhitungan produktivitas ini menggunakan pemasangan bekisting tahap 1 dimana ketinggiannya yaitu 8,5 meter.

Dengan data yang digunakan sebagai berikut ;

- luas permukaan bekisting : 179,22 m³
- man power : 6 orang
- durasi pekerjaan : 2 hari
- durasi jam kerja : 11 jam/hari

Perhitungan produktivitas pemasangan bekisting sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{luas bekisiting}}{\text{durasi pekerjaan}} \\ &= \frac{179,22 \text{ m}^3}{2 \text{ hari}} \\ &= 89,61 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap pemasangan bekisiting *pier column* dengan 1 tim terdiri dari 6 orang sebesar 89,61 m³/hari dengan catatan sebelum dimulainya pemasangan bekisting harus dicek pemasangan besi struktur dengan benar

4.3.3.4 Pengecoran

Pada tahap pengecoran *pier column* menggunakan alat berat truck *mixer* dan *concrete pump* karena beton yang digunakan adalah beton *ready mix* dengan man power sebanyak 9 orang yang terdiri dari 4 orang yang menggunakan *vibrator eksternal*, 4 orang menggunakan *vibrator internal* dan 1 orang mengarahkan selang pompa *concrete pump*. Maka perhitungan produktivitas pengecoran *pier column* yaitu sebagai berikut :

Produktivitas *concrete truck mixer*

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{CT}$$

Untuk waktu siklus data yang digunakan ialah data yang diperoleh dari lapangan:

T2 : 10 menit

T4 : 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (CT)} &= T2 + T4 \\ &= (10+5) \text{ menit} \\ &= 15 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{15 \text{ Menit}} = \frac{7 \text{ m}^3 \times 0,83 \times 60}{15} = 23,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Produktivitas *concrete pump*

Produktivitas *concrete pump* didapat dari pengamatan dilapangan, maka perhitungannya yaitu:

- volume : $133 m^3$

- durasi : 5 jam

$$Q = \frac{Volume}{durasi} = \frac{133 m^3}{5} = 26,6 m^3/jam$$

4.3.3.5 Pembongkaran Bekisting

Tahap pembongkaran bekisting menggunakan *manpower* yang digunakan sebanyak 6 orang dengan bantuan alat berat berupa *rougher crane*. Data yang digunakan untuk perhitungan produktivitas pembongkaran bekisting sebagai berikut

- man power : 6 orang

- durasi : 2 hari

-jam kerja : 11 jam

-luas bekisting : $179,22 m^2$

Perhitungan produktivitas pembongkaran bekisting sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{luas bekisting}}{\text{durasi pekerjaan}} \\ &= \frac{179,22 m^2}{2 \text{ hari}} \\ &= 89,61 m^2/hari \end{aligned}$$

Produktivitas yang digunakan untuk tahap pembongkaran bekisting pier dengan 1 im yang terdiri dari 6 orang sebesar $89,61 m^2/hari$

4.3.3.6 Pembongkaran (*Perth contrustion hire*)

Tahap pembongkaran PCH merupakan tahap terakhir dari pekerjaan *pier column* dan *pier head* pada line 6 dan line 5, tahap ini menggunakan *man power* sebanyak 10 orang dengan data sebagai berikut :

- jumlah layer = 8 layer

- durasi pekerjaan = 3 hari

- durasi jam kerja = 11 jam

Perhitungan produktivitas pembongkran PCH yaitu sebagai berikut :

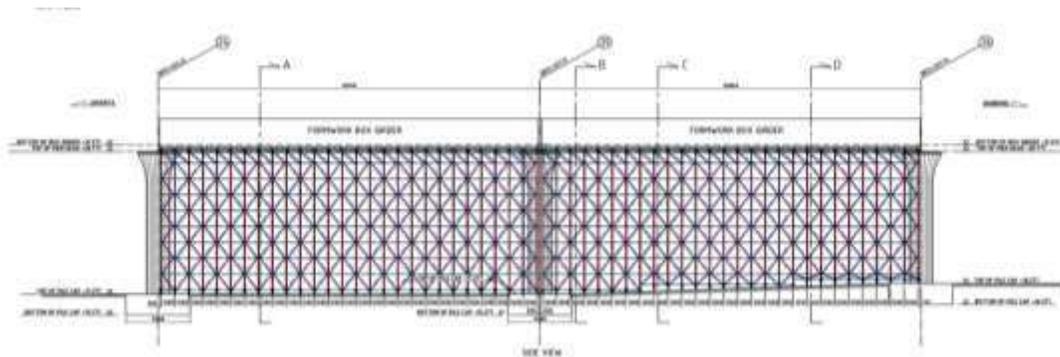
$$\begin{aligned} \text{produktivitas} &= \frac{\text{jumlah layer}}{\text{durasi pekerjaan} \times \text{jumlah pekerja}} \\ &= \frac{8}{3} = 2,67 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

4.3.4 Pekerjaan *Box girder*

Pekerjaan *box girder* pada line 6 merupakan *single line track* dimana hanya ada satu *track* kereta yang melewati jalur ini. Panjang satu bentang *box girder* pada pier P33-P36L6 adalah 27,6 meter. Pekerjaan *box girder* menggunakan metode *cast in situ* yaitu *box girder* dirakit dan dicor diatas. Pekerjaan ini meliputi pemasangan shoring atau penyangga *box girder* setinggi elevasi yang sudah ditentukan, pemasangan bearing pad, pemasangan bekisting (*formwork*) *box girder*, pemasangan besi yang dilakukan langsung diatas, pengecoran *box girder* dengan menggunakan alat berupa *concrete pump*, pembongkaran *formwork* dan yang terakhir pembongkaran bekisting

4.3.4.1 Pemasangan *Shoring*

Tahap pemasangan *shoring* dilakukan dengan menggunakan 10 *manpower*. Desain *shoring box girder* dapat dilihat pada gambar 4.15



Gambar 4.15: desain *shoring box girder* (PT. Wijaya Karya (persero) Tbk)

Data dimensi area *shoring box girder* sebagai berikut :

- panjang : 27,6 meter

-lebar : 8,4 meter

-tinggi : 12 meter

Selanjutnya untuk acuan perhitungan produktivitas digunakan data *volume shoring*, maka panjang *volume shoring* untuk 1 bentang *box girder* yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 27,6 \text{ meter} \times 8,4 \text{ meter} \times 12 \text{ meter} \\ &= 2782,08 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Data pekerjaan shoring yang diperoleh dari data lapangan adalah sebagai berikut :

- durasi pekerjaan : 6 hari

- man power : 10 orang

- jam kerja : 11 jam

Perhitungan produktivitas pemasangan shoring sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{produktivitas} &= \frac{\text{volume shoring}}{\text{durasi pekerjaan}} \\ &= \frac{2782,08 \text{ m}^3}{7} = 397,44 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Produktivitas untuk pemasangan 1 *set shoring* dengan bentang 27,6 meter dan menggunakan man power sebanyak 10 orang adalah 397,44 m^3/hari .

4.3.4.2 Pemasangan *Formwork*

Tahap pemasangan *formwork box girder* menggunakan man power 7 orang dengan bantuan alat berat berupa 1 *rougher crane* untuk menaikan bagian-bagian bekisting keatas. Untuk perhitungan produktivitas pemasangan bekisting *box girder* menggunakan data luasan bekisting, maka data dimensi yaitu sebagai berikut yaitu :

- lebar : 10,566 meter

- panjang : 26,5 meter

Maka luas bekisting untuk 1 bentang *box girder* adalah :

$$\text{Luas} = \text{lebar} \times \text{panjang}$$

$$= 10,566 \times 26,5$$

$$= 279,99 \text{ meter}^2$$

Data pekerjaan pemasangan bekisting *box girder* yang diperoleh dari data dilapangan

- durasi pekerjaan : 9 hari
- man power : 7 orang
- jam kerja : 11 jam

Produktivitas pemasangan bekisting sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{luas bekisting}}{\text{jumlah man power}} = \frac{279,99 \text{ m}^2}{9 \text{ hari}} = 31,136 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Produktivitas untuk pemasangan 1 set bekisting 1 set dengan luas 279,99 m² dan menggunakan *man power* sebanyak 7 orang adalah 31,136m²/hari

4.3.4.3 Install Rebar

Tahap pemasangan besi *box girder* menggunakan *man power* 15 orang dengan bantuan alat berat berupa 1 *rougter crane* dengan durasi pekerjaan yang di butuhkan adalah 1 minggu atau 7 hari kerja. Data yang digunakan untuk perhitungan produktivitas pemasangan besi pada box girder adalah :

- man power : 15 orang
- durasi : 14 hari
- jam kerja : 11 jam
- berat besi : 33,66 ton

Perhitungan produktivitas pemasangan besi box girder sebagai berikut :

$$\text{produktivitas} = \frac{\text{berat besi}}{\text{durasi pekerjaan}} = \frac{33,66 \text{ ton}}{14 \text{ hari}} = 2,4 \text{ ton/hari}$$

Produktivitas untuk pembesian box girder dengan bentang 27,6 meter dan

menggunakan man power 15 orang adalah 2,4 ton/hari.

4.3.4.5 Pengecoran

Tahap pengecoran menggunakan alat berat berupa *concrete pump*, maka nilai produktivitas yang digunakan dari perhitungan pengecoran pier colum dan pier head yaitu sebesar :

- truck mixer : $24,9 \text{ m}^3/\text{jam}$
- concrete pump : $26,6 \text{ m}^3/\text{jam}$

dari 2 nilai diatas digunakan nilai yang terkecil yaitu $24,9 \text{ m}^3/\text{jam}$. Untuk produktivitas harian engan jam kerja 11 jam, maka :

$$\begin{aligned}\text{produktivitas harian} &= \text{produktivitas truck mixer (Q)} \times \text{durasi kerja} \\ &= 24,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 11 \text{ jam} \\ &= 273,9 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.3.4.6 Pembongkaran *Formwork*

Pada tahap pembongkaran *formwork*, *man power* yang digunakan sama dengan pemasangan *form work* yaitu sebanyak 7 orang dengan bantuan alat berat berupa 1 roughter crane. Pembongkaran *form work* membutuhkan waktu 6 hari dengan jumlah *man power* 7 orang. Maka perhitungan produktivitasnya yaitu :

$$\begin{aligned}\text{produktivitas} &= \frac{\text{luas form work}}{\text{durasi pekerjaan} \times \text{jumlah pekerja}} \\ &= \frac{279,99 \text{ m}^2}{6 \text{ hari}} \\ &= \frac{279,99 \text{ m}^2}{6 \text{ hari}} \\ &= 46,67 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

Produktivitas untuk pembongkaran 1 set bekisting dengan luas bekisting $279,99 \text{ m}^2$ dan menggunakan *man power* sebanyak 7 orang adalah $46,67 \text{ m}^2/\text{hari}$

4.3.4.7 Pembongkaran *Shoring*

Tahap pembongkaran *shoring* merupakan tahap akhir dari pengerjaan *box girder*, pada tahap ini menggunakan produktivitas pemasangan *shoring* yaitu 397,44 $m^3/hari$

4.4 Volume Dan Durasi Pekerjaan

Dalam menyusun penjadwalan dibutuhkan volume dan durasi dari setiap pekerjaan. Untuk mendapatkan durasi pekerjaan, data yang digunakan adalah perhitungan produktivitas dari masing-masing item pekerjaan yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3 . volume dan durasi masing-masing item pekerjaan dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 : Volume pekerjaan

No	Jenis pekerjaan	Satuan	volume	Qty	Volume total	Keterangan
A	Pekerjaan <i>bore pile</i>					
1	Pengeboran	m'	58	40	2320	P33P36 L6
2	Pemasangan besi	ton	6.37	40	254.8	P33P36 L6
3	Install tremi	m'	56.5	40	2260	P33P36 L6
4	Pengecoran	m ³	57.04	40	2281.6	P33P36 L6
B	Pekerjaan <i>pilecap</i>					
1	Galian Tanah	m ³	454	4	1816	P33P36 L6
2	Pemindahan tanah	m ³	454	4	1816	P33P36 L6

Tabel 4.4: *Lanjutan*

3	Cutting Pilie	titik	10	4	40	P33L6-P36L6
4	Install rebar	ton	35.7	4	142.8	P33L6-P36L6
5	Install formwork	m2	354.375	4	1417.5	P33L6-P36L6
6	Pengecoran	m3	303.75	4	1215	P33L6-P36L6
7	pembongkaran bekisting	m2	354.375	4	1417.5	P33L6-P36L6
8	Penimbunan	m3	140.12	4	560.48	P33L6-P36L6
C	Pekerjaan <i>pier column</i>					
1	Pemasangan scaffolding	layer	4	4	16	P33L6-P36L6
2	Install rebar	ton	9.09	4	36.36	P33L6-P36L6
3	Pemasangan besi	m2	179.22	4	716.88	P33L6-P36L6
4	Pengecoran	m3	133	4	532	P33L6-P36L6
D	Pekerjaan <i>pierhead</i>					
1	Install scaffolding	layer	8	4	32	P33L6-P36L6
2	Install rebar	ton	6.47	4	25.88	P33L6-P36L6
3	Install bekisting	m2	113.49	4	453.96	P33L6-P36L6
4	Pengecoran	m3	176	4	704	P33L6-P36L6
5	Unloading bekisting	m2	113.49	4	453.96	P33L6-P36L6
6	Unloading scaffolding	layer	8	4	32	P33L6-P36L6
E	Pekerjaan <i>box girder</i>					
1	Install shoring	m3	2782.08	4	11128.32	P33L6-P36L6
2	Install formwork	m2	279.99	4	1119.96	P33L6-P36L6
3	Install rebar	ton	33.658	4	134.632	P33L6-P36L6
4	Pengecoran	m3	122.5	4	490	P33L6-P36L6
5	Unloading formwork	m2	279.99	4	1119.96	P33L6-P36L6
6	Unloading shoring	m3	2782.08	4	11128.32	P33L6-P36L6

pada tabel durasi pekerjaan merupakan produktivitas harian dimana dalam 1 hari memiliki 11 jam kerja

Tabel 4.5: Durasi pekerjaan

No	Jenis pekerjaan	Alat	Qty	produktivitas	vol	satuan	Durasi (hari)
A	Pekerjaan <i>borepile</i>						
1	Pengoboran	<i>Auger SR-60</i>	1	278.4	2320	m'	13
2	Install besi	<i>Man power</i>	3	51.12	254.8	ton	5
3	Install pipa tremi	<i>Man power</i>	3	904.32	2260	m'	2
4	Pengecoran	<i>Man power</i>	4	929.6	2281.6	m ³	3
B	Pekerjaan <i>pilecap</i>						
1	Galian Tanah	<i>Excavator</i>	1	724.59	1815.98	m ³	3
2	Pemindahan Tanah	<i>Dumptruck</i>	1	347.25	1815.98	m ³	6
3	Cutting Pile	<i>Man power</i>	12	5.54	40	titik	8
4	Install Besi	<i>Man power</i>	9	8.89	142.79	ton	16

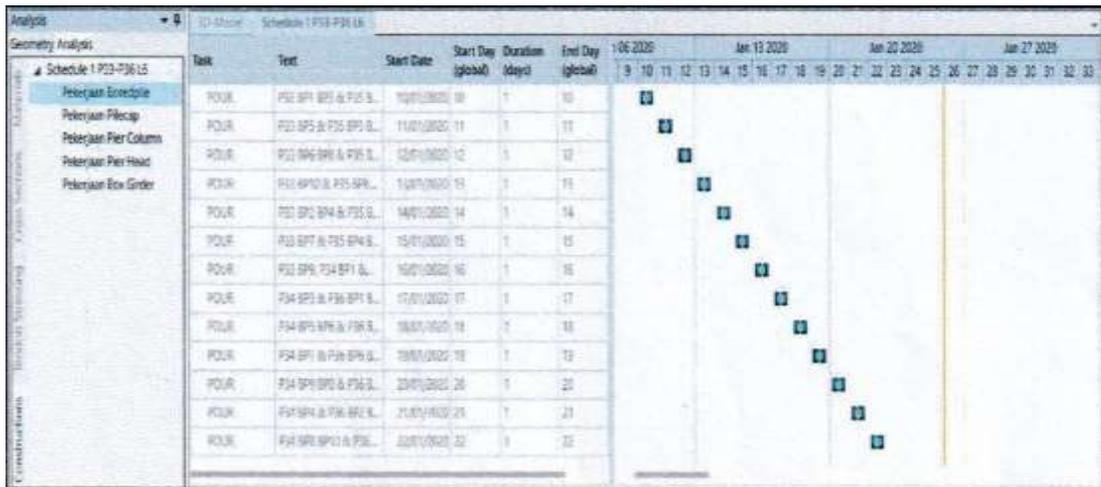
Tabel 4.5: lanjutan

5	Pemasangan Formwork	<i>Man power</i>	6	177.54	1417.5	m2	8
6	Pengecoran	<i>Concrete pump</i>	1	275	1215	m3	5
7	Lepas Formwork	<i>Man power</i>	5	354.2	1417.5	m2	5
8	Penimbunan Pilecap	<i>Excavator</i>	1	724.59	560.48	m3	1
C	Pekerjaan <i>pier column</i>						
1	Pemasangan PCH	<i>Man power</i>	10	2	16	Layer	8
2	Pemasangan Besi	<i>Man power</i>	7	4.55	36.37	ton	9
3	Pemasangan Formwork	<i>Man power</i>	6	89.64	716.88	m2	8
4	Pengecoran	<i>Concrete pump</i>	1	185.92	532	m3	3
5	Lepas Formwork	<i>Man power</i>	6	89.64	716.88	m2	8
D	Pekerjaan <i>pierhead</i>						
1	Pemasangan PCH	<i>Man power</i>	10	2	16	Layer	8
2	Pemasangan besi	<i>Man power</i>	7	1.62	25.88	ton	17
3	Pemasangan formwork	<i>Man power</i>	6	89.64	453.96	m2	6
4	Pengecoran	<i>Concrete pump</i>	1	185.92	304	m3	2
5	Pembongkaran bekisting	<i>Man power</i>	6	89.64	453.96	m2	6
6	Pembongkaran PCH	<i>Man power</i>	10	2.67	32	Layer	12
E	Pekerjaan <i>box girder</i>						
1	Pemasangan shoring	<i>Man power</i>	10	397.44	11128.32	m3	28
2	Pemasangan Formwork	<i>Man power</i>	7	31.36	1119.96	m2	36
3	Install Besi	<i>Man power</i>	15	2.4	100.974	ton	43
4	Pengecoran	<i>Concrete pump</i>	2	185.92	490	m3	3
5	Pembongkaran bekisting	<i>Man power</i>	7	46.67	1119.96	m2	24
6	Pembongkaran shoring	<i>Man power</i>	10	397.44	11128.32	m3	28

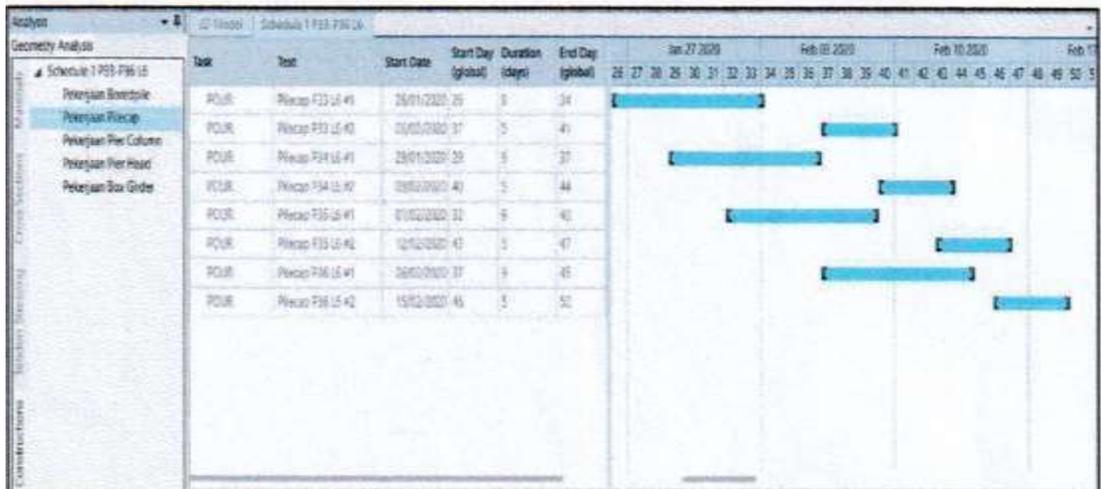
4.5 Penjadwalan Menggunakan BIM

Kemudian dilakukan penjadwalan menggunakan *software* BIM *allplan* 2019 untuk mendapatkan durasi pekerjaan keseluruhan.

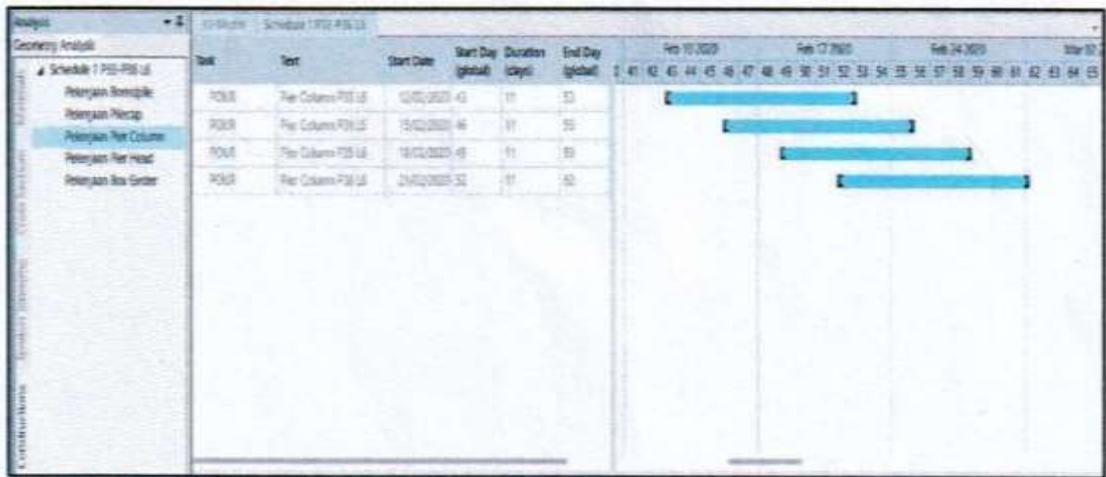
Dari penjadwalan yang telah dilakukan dengan *software* BIM *allplan* telah didapatkan durasi pekerjaan proyek selama 120 hari untuk pekerjaan yang dimulai dari struktur atas dan struktur bawah.



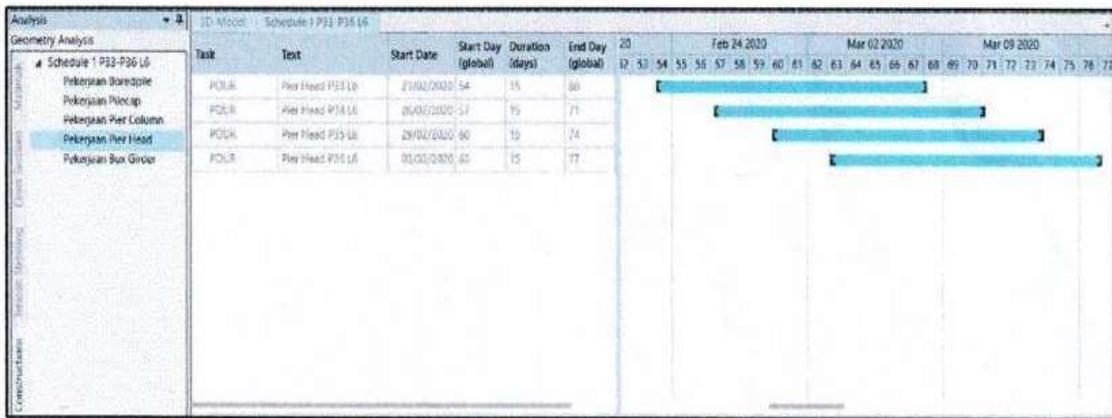
Gambar 4.16: Tampilan Penjadwalan Borepile dengan BIM



Gambar 4.17: Tampilan Penjadwalan Pilecap dengan BIM



Gambar 4.18: Tampilan Penjadwalan Pier dengan BIM



Gambar 4.19: Tampilan Penjadwalan Pierhead dengan BIM

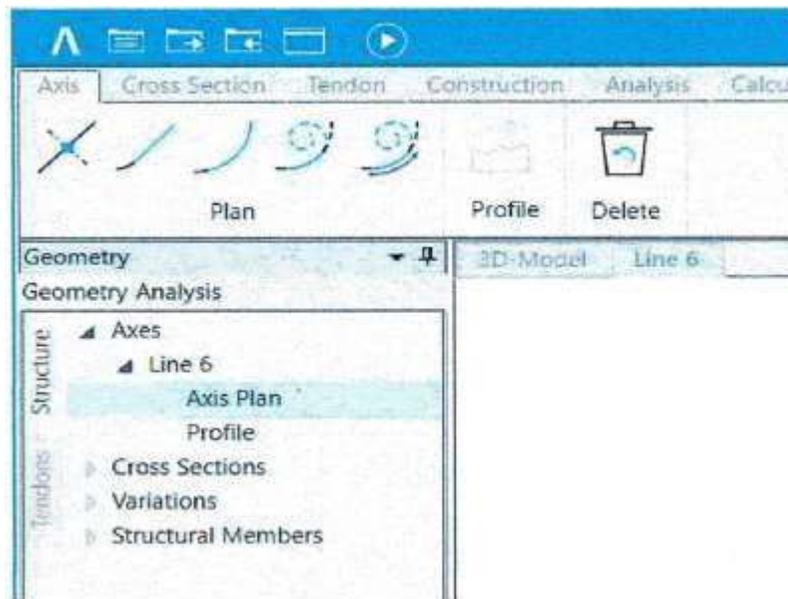


Gambar 4.20: Tampilan Penjadwalan Box Girder dengan BIM

4.6 Permodelan menggunakan BIM

Software berbasis sistem BIM (*Building Information Modeling*) yang digunakan pada studi ini adalah *software allplan 2019*, yang bertujuan untuk mendapatkan *bar bending dan quantity take-off* Secara otomatis. dengan tingkat efisiensi yang lebih efektif dan pemanfaatan teknologi kontruksi berbasis industri 4.0

Desain yang digunakan mengacu pada *construction drawing* yang diperoleh dari lapangan selama proses pengumpulan data. Langkah-langkah permodelan struktur P33L6-P36L6 secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 4.21: Create new axis

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan trase pada tab “Geometry” kemudiana klik kanan pada opsi “ Axes” kemudian Create new axis. Setelah itu trase dibuat sesuai dengan desain rencana apakah tase lurus atau berbelok. Pada pekerjaan pier P33L6-P36L6 trasi yang digunakan lurus dan panjangnya 82,27 m

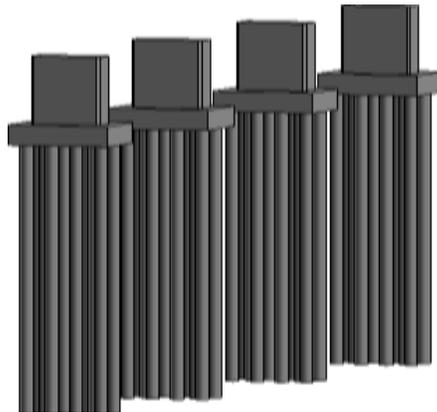
Dari hasil permodelan struktur atas dan struktur bawah yang telah dilakukan, langsung diperoleh volume beton dari tiap-tiap item pekerjaan yang telah dilakukan dengan secara otomatis menggunakan *software BIM software allplan 2019*



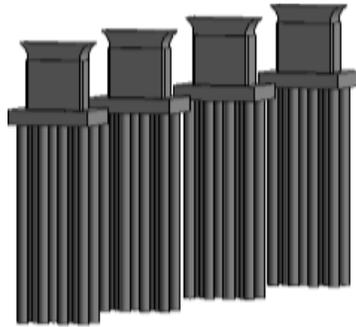
Gambar 4.22: Item Permodelan Pekerjaan Borepile



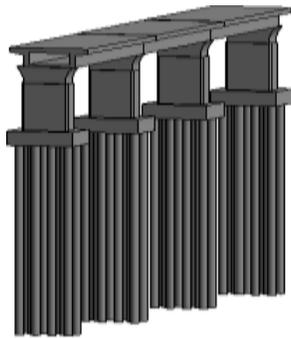
Gambar 4.23: Item Permodelan Pekerjaan Pilecap



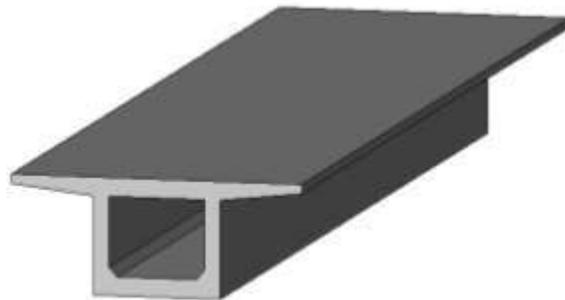
Gambar 4.24: Item Permodelan Pekerjaan Pier



Gambar 4.25: Item Permodelan Pekerjaan Pier Head



Gambar 4.26: Item Permodelan Pekerjaan Struktur elevated



Gambar 4.27: Item Permodelan Pekerjaan box girder

Tabel 4.6 : *Quantity takeoff* volume beton sistem BIM (*allplan* 2019).

volume beton		
Item pekerjaan	Type pekerjaan	volume / m3
BP1	PC1	70.19
BP2	PC1	70.19
BP3	PC1	70.19
BP4	PC1	70.19
BP5	PC1	70.19
BP6	PC1	70.19
BP7	PC1	70.19
BP8	PC1	70.19
BP9	PC1	70.19
BP10	PC1	70.19
Volume total		701.9
Pilecap	PC1	288
Pilecap	PC2	288
Pilecap	PC3	288
Pilecap	PC4	288
Volume total		1152
Pier Body	P1	180
Pier Body	P2	180
Pier Body	P3	180
Pier Body	P4	180
Volume total		720
Pierhead	P1	118
Pierhead	P2	118
Pierhead	P3	118
Volume total		354
Box girder	Span 1	989.94
Box girder	Span 2	989.94
Box girder	Span 3	989.94
Volume total		2969.82

Dari permodelan yang telah dilakukan menggunakan *software allplan* 2019. berbasis sistem *building information modeling* (BIM).

4.7 Hasil Bar bending schedule menggunakan sistem BIM

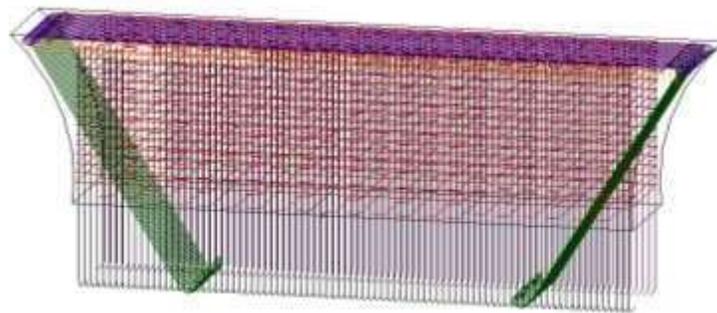
Perhitungan *bar bending schedule* (BBS) yang ditinjau yakni pada *pier* P33L6 dengan menggunakan *software allplan* 2019. Pada pelaksanaan konvensional, BBS dibuat dengan menggunakan *speedsheet* dengan artian pemilihan komposisi potongan baja dilakukan secara subjektif oleh drafter, hal yang paling riskan terjadi yaitu *waste* bisa berlebih.

Dalam sistem kerja *Building Information Modeling* (BIM) proses pembuatan BBS dapat dilakukan secara otomatis oleh *software* sesuai dengan permodelan letak besi dan sudah terhitung jumlah, berat, hingga panjang besi yang diperlukan. Berikut merupakan hasil perhitungan *Bar Bending Schedule* (BBS) menggunakan *software allplan* 2019 adapun yang ditinjau adalah pada struktur bawah dan struktur atas.

Untuk data penulangan struktur yang diambil atau ditinjau adalah pada *Pier* P33 karena bentuk struktur yang dianalisa berbentuk tipikal dan *Box girder* yang ditinjau yaitu span P33-P34

4.7.1 Hasil permodelan dan *Bar bending schedule* dengan BIM.

Dari hasil permodelan yang dilakukan menggunakan *software allplan* 2018 didapatkan hasil *output* BBS secara otomatis.



Gambar 4.28: Tampilan Penulangan Pierhead dengan BIM

Tabel 4.7: Bar bending schedule Pierhead

bar bending schedule											
Bar Diameter	Bar Length	A	B	C	D	E	Quantity	Schedule Mark	Total Bar Length	Reinforcement Volume	BERAT BESI / m
29 mm	6010 mm	480 mm	5230 mm	0 mm	0 mm	0 mm	90	N1-A	540900 mm	349921.52 cm ³	2746.88 kg
29 mm	6010 mm	480 mm	5230 mm	0 mm	0 mm	0 mm	90	N1-B	540900 mm	349921.52 cm ³	2746.88 kg
29 mm	6570 mm	380 mm	5820 mm	0 mm	0 mm	0 mm	20	N2-B	131400 mm	85005.89 cm ³	667.30 kg
29 mm	6540 mm	380 mm	5790 mm	0 mm	0 mm	0 mm	20	N2-A	130800 mm	84617.74 cm ³	664.25 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-K	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-J	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-I	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-H	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-G	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-F	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-E	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-D	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-C	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-B	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-A	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-L	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-M	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-U	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-N	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-O	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-P	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-Q	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-R	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	7	N6-S	16030 mm	2030.63 cm ³	15.94 kg
13 mm	2290 mm	200 mm	1950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	12	N6-T	27480 mm	3481.08 cm ³	27.33 kg
22 mm	2560 mm	380 mm	1920 mm	0 mm	0 mm	0 mm	105	N3	268800 mm	104045.93 cm ³	816.76 kg
22 mm	11220 mm	250 mm	10720 mm	0 mm	0 mm	0 mm	20	N4	224400 mm	86859.77 cm ³	681.85 kg
16 mm	21870 mm	140 mm	8930 mm	1920 mm	8930 mm	1920 mm	16	N5	349920 mm	69478.89 cm ³	545.41 kg

Tabel 4.8: Bar bending schedule borepile

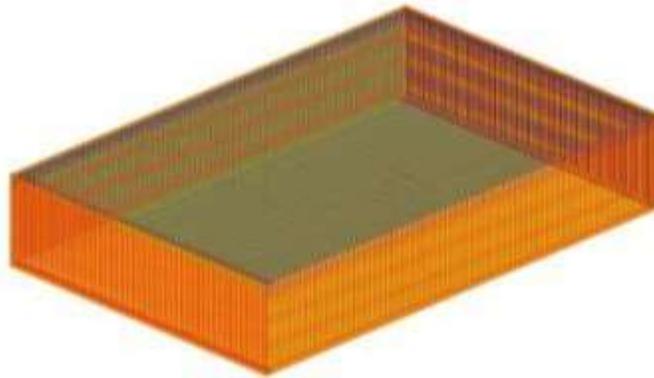
no	rebar	Steel type	Size	a	b	c	d	e	L	quantity	total lenght	weight	total wieght
			mm	cm						m	pcs	m	kg/m
1	N1(A)	HRB500	22	1200					12	40	480	2.99	1432.92
			22		234.6				2.35	10	23.46	2.99	70.03
2	N1(B)	HRB500	22	1120					11.2	9	100.8	2.99	300.91
			22		1200				12	27	324	2.99	967.22
			22			314.6			3.15	9	28.31	2.99	84.52
3	N1-1(A)	HRB500	22	1120					11.2	10	112.2	2.99	334.35
			22		1055.6				10.56	10	105.56	2.99	315.12
4	N1-1(B)	HRB500	22		1200				12	9	108	2.99	322.41
			22			975.6			97.6	9	87.8	2.99	262.21
5	N2(40×100)	HPB300	10	13834.4					138.34	1	138.34	0.62	85.33
6	N2(254×200)	HPB300	10	88183.3					881.83	1	760.63	0.62	469.15
7	N3	HRB500	22	321.83	25				3.468	25	86.71	2.99	258.84
8	N4 lifting point	HRB500	13	1	4.95	8	4.95	1	0.2	100	19.9	1.04	20.74

Tabel 4.9: Bar bending schedule box girder

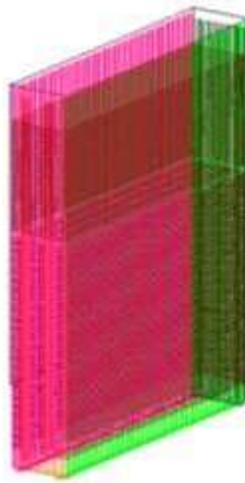
Bar Bending Schedule box girder									
Bar Diameter	Bar Length	A	B	C	Schedule Mark	Quantity	Total Bar Length	Reinforcement Volume	BERAT BESI / M
22 mm	7679 mm	250 mm	7179 mm	0 mm	N1	278	2134625 mm	826261.51 cm ³	6486.15 kg
22 mm	3025 mm	375 mm	2387 mm	0 mm	N4-B	278	840973 mm	325520.34 cm ³	2555.33 kg
16 mm	2821 mm	250 mm	2400 mm	0 mm	N4-A	186	524632 mm	104169.07 cm ³	817.73 kg
22 mm	4166 mm	0 mm	586 mm	3068 mm	N12	278	1158101 mm	448272.49 cm ³	3518.94 kg
22 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N7	72	1997724 mm	773270.39 cm ³	6070.17 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N8-B	20	554923 mm	110183.66 cm ³	864.94 kg
22 mm	2508 mm	91 mm	2336 mm	175 mm	N2-B	1	2508 mm	970.72 cm ³	7.62 kg
22 mm	2523 mm	106 mm	2347 mm	165 mm	N2-A	1	2523 mm	976.73 cm ³	7.67 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N8-A	20	554923 mm	110183.66 cm ³	864.94 kg
16 mm	2906 mm	0 mm	300 mm	2386 mm	N5-B	278	807996 mm	160432.80 cm ³	1259.40 kg
16 mm	2921 mm	0 mm	300 mm	2400 mm	N5-A	186	543232 mm	107862.22 cm ³	846.72 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N10-B	24	665908 mm	132220.39 cm ³	1037.93 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N10-A	24	665908 mm	132220.39 cm ³	1037.93 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N9-B	24	665908 mm	132220.39 cm ³	1037.93 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N9-A	24	665908 mm	132220.39 cm ³	1037.93 kg
16 mm	3543 mm	175 mm	3193 mm	0 mm	N3	1	3543 mm	703.55 cm ³	5.52 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N8	25	693654 mm	137729.57 cm ³	1081.18 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N13	25	693654 mm	137729.57 cm ³	1081.18 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N14	21	582670 mm	115692.84 cm ³	908.19 kg
16 mm	3877 mm	155 mm	300 mm	3100 mm	N11	279	1081670 mm	214772.70 cm ³	1685.97 kg
16 mm	1358 mm	175 mm	1008 mm	0 mm	N6-B	140	190162 mm	37757.84 cm ³	296.40 kg
16 mm	1393 mm	175 mm	1043 mm	0 mm	N6-A	140	194967 mm	38712.02 cm ³	303.89 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N15	3	83239 mm	16527.55 cm ³	129.74 kg
16 mm	27746 mm	0 mm	27746 mm	0 mm	N16	3	83239 mm	16527.55 cm ³	129.74 kg

Tabel 4.10: Bar bending schedule pilecap

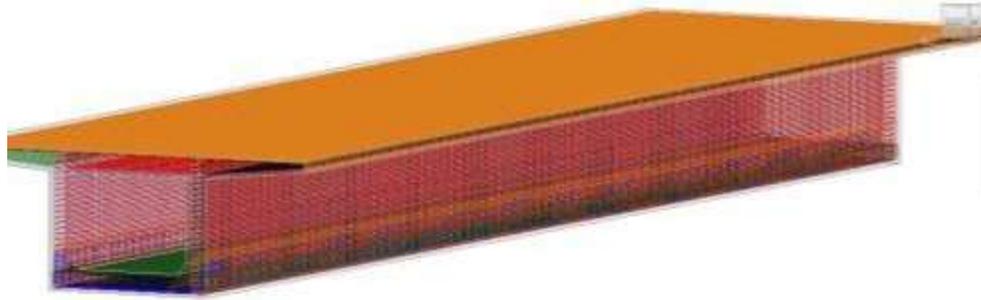
BAR BENDING SCHEDULE PILECAP P33L6-P36L6						
Bar Diameter	Reinforcement Volume	Comments	Bar Length	Total Bar Length	Quantity	Berat per meter
22 mm	474602.05 cm ³	T4	15 m	1226122 mm	81	3725.63 kg
22 mm	11400.42 cm ³	BD	7 m	29453 mm	4	89.49 kg
16 mm	81018.91 cm ³	T5	3 m	408040 mm	125	636.00 kg
16 mm	185685.89 cm ³	T2	7 m	935179 mm	125	1457.63 kg
16 mm	80946.55 cm ³	T3	3 m	407675 mm	125	635.43 kg
22 mm	11264.68 cm ³	BD	7 m	29102 mm	4	88.43 kg
16 mm	180205.17 cm ³	T1	7 m	907576 mm	125	1414.61 kg
16 mm	187135.54 cm ³	T6	7 m	942480 mm	126	1469.01 kg



Gambar 4.29: Tampilan Penulangan Pilecap dengan BIM



Gambar 4.30: Tampilan Penulangan Pier dengan BIM



Gambar 4.31: Tampilan Penulangan Box Girder dengan BIM

Tabel 4.11: Bar bending schedule pier

Bar Bending Schedule								
Bar Diameter	A	B	C	Bar Length	Quantity	Schedule Mark	Reinforcement Volume	Berat besi / m
29 mm	0 mm	12770 mm	400 mm	13080 mm	95	N2	803868.52 cm ³	6310.37 kg
29 mm	0 mm	12770 mm	400 mm	13080 mm	95	N1	803868.52 cm ³	6310.37 kg
29 mm	0 mm	12540 mm	400 mm	12850 mm	20	N4	166259.63 cm ³	1305.14 kg
29 mm	0 mm	12540 mm	400 mm	12850 mm	20	N3	166259.63 cm ³	1305.14 kg
16 mm	140 mm	9320 mm	1920 mm	22660 mm	71	N5	319449.63 cm ³	2507.68 kg
16 mm	140 mm	9320 mm	1920 mm	22630 mm	25	N6	112333.35 cm ³	881.82 kg

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan “*Analisa Penjadwalan dan Bar Bending Schedule Dengan building information Modelling (Bim) allplan (studi kasus : proyek HSR PT.Wijaya Karya (persero) Tbk* ” yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil perhitungan produktivitas alat dan efisiensi *man power* pada pekerjaan P33L6-P36L6 adalah :
 - A. Produktivitas pengeboran alat auger tipe SR-60 : 11,6 m^3 /jam, produktivitas harian : 220,4 m^3 /hari
 - B. Produktivitas *install rebar* alat *Crawler Crane 50 ton* : 0,71 ton/jam, produktivitas harian : 51,12 ton/hari
 - C. Produktivitas *install tremi* alat *Crawler Crane 50 ton* : 12,56 m^3 /jam, produktivitas harian : 753.6 m^3 /hari
 - D. Produktivitas *pengecoran* alat *truck mixer 7m³* : 46.66 m^3 /jam, produktivitas harian : 933.3 m^3 /hari
 - E. Produktivitas excavator kobelco PC200 : 65,872 m^3 /jam, produktivitas dump truck : 12,86 m^3 / menit
2. Durasi pekerjaan pada pier P33L6-P36L6 yang ditinjau menggunakan software BIM allplan adalah 120 hari.
3. Untuk hasil *quantity takeoff* volume beton dan volume beton pada pekerjaan struktur adalah :
 - A. *quantity takeoff volume*
 - *Borepile* : 70.19 m^3
 - *Pilecap* : 288 m^3
 - *Pierbody* : 180 m^3
 - *Pierhead* : 118 m^3
 - *Boxgirder* : 989.94 m^3
 - B. Untuk hasil BBS pada pekerjaan struktur tertera pada sub bab 4.7

5.2 Saran

Setelah menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan yaitu :

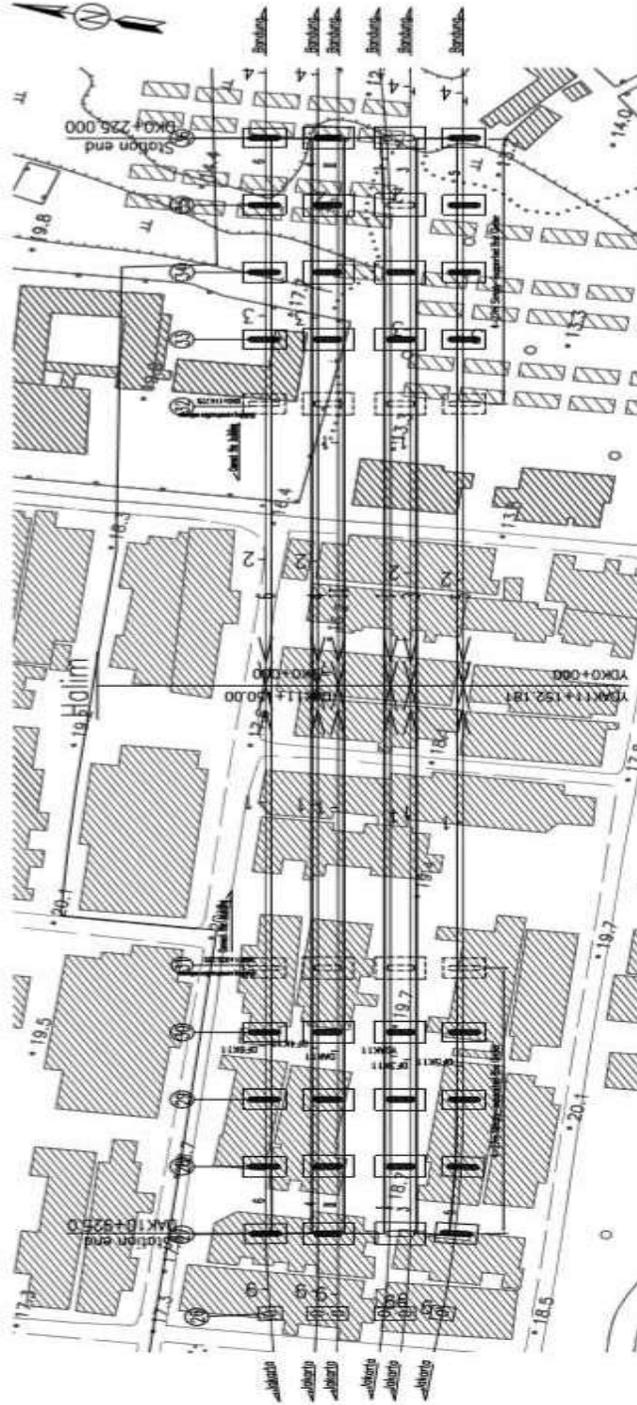
1. Dalam Tugas akhir ini, optimasi biaya penggunaan alat berat dan waktu diabaikan untuk penganalisaan selanjutnya dapat direncanakan agar mendapatkan hasil yang lebih akurat sesuai kebutuhan dilapangan.
2. Diharapkan dalam tugas akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi menggunakan software *Building Information Modeling 5D* untuk mendaptkan hasil lebih optimal dan lebih efesien.

DAFTAR PUSTAKA

- Cinthia Ayu Berlian P., R. P. (2016). PERBANDINGAN EFISIENSI WAKTU, BIAYA, DAN SUMBER DAYA MANUSIA ANTARA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DAN KONVESIONAL . *JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL, Volume 5, Nomor 2, Tahun 2016, Halaman 220 - 229, 220-229.*
- nuryanto. (2017). Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma. *jurnal desain konstruksi volume 16 No.2 .*
- Rayendra1. (219). STUDI APLIKASI TEKNOLOGI BUILDING INFORMATION. *Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS, 25.*
- Susanti, D. N. (2013). Analisa produktivitas alat berat pada proyek pembangunan pabrik krakatau posco zone IV di cilegon. *jurnal kontruksi volume 4 nomer 2, juni 2013.*
- Wowor, F. N. (2013). Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.8, Juli 2013 (543-548) ISSN: 2337-6732. *APLIKASI MICROSOFT PROJECT DALAM PENGENDALIAN WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN PROYEK.*
- Yosy Marizan(1), S. P. (2019). STUDI LITERATUR TENTANG PENGGUNAAN SOFTWARE. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol.9, No.1, Mei 2019 , 9.*

LAMPIRAN

DK10 Bridge No. 27~36 Pier Bridge Site Plan



FOR CONSTRUCTION		PROJECT CLIENT	
DESIGNED BY	CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CORPORATION	NO.	2012
CHECKED BY	CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CORPORATION	DATE	2012.07.14
REVIEWED BY	CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CORPORATION	SCALE	1:1000
APPROVED BY	CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CORPORATION	NO.	5 OF 13
DK10 Bridge		CONSTRUCTION DRAWING	
(DK10+821.2~900+225.15)		DK10 Bridge	
Bridge Site Plan		CONSTRUCTION DRAWING	



- NOTES
1. All dimensions in m unless otherwise shown and indicated standard.
 2. The curve data is obtained in the curve layout.