



TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN *BAR BENDING SCHEDULE* METODE
KONVENSIONAL DENGAN METODE *BUILDING INFORMATION*
MODELING PADA STRUKTUR PONDASI BANGUNAN SMELTER
GRESIK

Sebagai syarat kelulusan Program Studi D-III

Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung

Oleh :

Islamul Ikhsan

Fairuz Salma Nabila

1

2

193011

193026

PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM
Tahun 2022



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN *BAR BENDING SCHEDULE* METODE
KONVENSIONAL DENGAN METODE *BUILDING INFORMATION
MODELING* PADA STRUKTUR PONDASI BANGUNAN SMELTER
GRESIK

Telah disetujui dan dinyatakan lulus

Islamul Ikhsan Fairuz Salma Nabila

1

2

193011

193026

Semarang, 24 Agustus 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Galih Adya Taurano, S.T., M.T.

Robi Fernando, S.T., M.T.

NIP. 198705212010121002

NIP. 198608282014021005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung

Julmadian Abda, S.T., MT.

NIP. 197007161997011001

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM
Tahun 2022**



LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN *BAR BENDING SCHEDULE* METODE
KONVENSIONAL DENGAN METODE *BUILDING INFORMATION*
MODELING PADA STRUKTUR PONDASI BANGUNAN SMELTER
GRESIK

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan ujian

Islamul Ikhsan	Fairuz Salma Nabila
1	2
193011	193026

Semarang, 12 Agustus 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Galih Adya Taurano, S.T.,MT.
NIP. 198705212010121002

Robi Fernando, S.T., M.T.
NIP. 198608282014021005

PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM
Tahun 2022

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Islamul Ikhsan

NIM : 193011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“Perbandingan *Bar Bending Schedule* Metode Konvensional dengan Metode *Building Information Modeling* pada Struktur Pondasi Bangunan Smelter Gresik”** ini adalah hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan atau plagiat. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Semarang, 12 Agustus 2022

Yang menyatakan,

Islamul Ikhsan

NIM. 193011

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fairuz Salma Nabila

NIM : 193026

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“Perbandingan *Bar Bending Schedule* Metode Konvensional dengan Metode *Building Information Modeling* pada Struktur Pondasi Bangunan Smelter Gresik”** ini merupakan hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan atau plagiat. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Semarang, 12 Agustus 2022

Yang menyatakan,

Fairuz Salma Nabila

NIM. 193026

**PERBANDINGAN *BAR BENDING SCHEDULE* METODE
KONVENSIONAL DENGAN METODE *BUILDING INFORMATION
MODELING* PADA STRUKTUR PONDASI BANGUNAN SMELTER
GRESIK**

**Islamul Ikhsan¹⁾, Fairuz Salma Nabila²⁾
193011¹⁾, 193026²⁾
Galih Adya Taurano S.T., M.T. ¹⁾
Robi Fernando S.T., M.T. ²⁾**

ABSTRAK

Estimasi *quantity take-off* konstruksi adalah komponen yang penting dan harus dipertimbangkan dalam penyelenggaraan sebuah proyek konstruksi. Merencanakan *quantity take-off* material konstruksi secara detail membutuhkan akurasi dalam menghitung volume pekerjaan. Oleh sebab itu, penggunaan BIM (*Building Information Modelling*) merupakan solusi alternatif untuk meningkatkan akurasi dalam estimasi *quantity take-off* material agar lebih efektif dan efisien. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan *Bar Bending Schedule* metode konvensional dan metode *Building Information Modeling*. Dari penelitian yang dilakukan, BBS metode konvensional lebih besar 1,31% dibanding BBS metode BIM Allplan *standard* dan lebih besar 1,68% dibanding BBS metode BIM Allplan *costum*. Metode konvensional memiliki keuntungan dalam penamaan, pembuatan bentuk, panjang dan lapping tulangan, dan memiliki kekurangan pada ketelitian, pengolahan hasil yang memerlukan *software* lain untuk mendapatkan berat tulangan, dan tampilannya hanya sebatas 2D. Sementara, metode BIM memiliki keuntungan dalam pembuatan bentuk, panjang, bisa membuat 2 jenis lapping yang berbeda dalam satu area tulangan, dan hasil BBS yang otomatis keluar jika sudah selesai pemodelan, namun metode BIM juga memiliki kekurangan seperti, penamaan yang sulit dan ketelitian yang perlu ditingkatkan.

Kata Kunci : Konvensional, *Building Information Modeling*, *Quantity Take-off*, *Bar Bending Schedule*

PERSEMBAHAN

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat luar biasa, kekuatan jiwa dan raga serta ilmu bermanfaat yang dititipkan melalui orang-orang yang engkau percayakan untuk memberikan ilmu tersebut kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Shalawat serta salam selalu saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Saya Islamul Ikhsan mempersembahkan karya tugas akhir ini kepada orang-orang yang sangat saya sayangi dan saya cintai

Ibu dan Bapak Tercinta

Karya tugas akhir ini saya persembahkan kepada Ibu (Inayati Irsyad) dan Bapak (Sunardi) yang telah memberikan do'a setiap hari kepada anaknya. Terima kasih atas motivasi dan arahan yang kalian berikan untuk membuat anakmu lebih baik kedepannya.

Kakak dan orang terdekat

Terima kasih kepada kakak-kakak (Rahmat Inayatullah dan Anisa Putri Nadina) yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam hal apapun. Partner dalam tugas akhir (Fairuz Salma Nabila) dan orang-orang terdekat yang selalu memberikan semangat, motivasi dan dukungan dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Almamater program studi

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kampus tercinta, Politeknik Pekerjaan Umum. Dosen-dosen yang selalu memberikan bimbingan serta semangat untuk menyelesaikan tugas akhir kali ini.

Teman-teman tersayang

Teman-teman saya khususnya kepada pemuda "Lare Santun" yang selalu berbagi keluh kesah serta memberikan dukungan serta semangat khususnya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

PERSEMBAHAN

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat luar biasa, kekuatan jiwa dan raga serta ilmu bermanfaat yang dititipkan melalui orang-orang yang engkau percayakan untuk memberikan ilmu tersebut kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Shalawat serta salam selalu saya panjatkan kehadiran Nabi Muhammad SAW.

Saya Fairuz Salma Nabila mempersembahkan karya tugas akhir ini kepada orang-orang yang sangat saya sayangi dan saya cintai

Ibu dan Bapak Tercinta

Karya tugas akhir ini saya persembahkan kepada Ibu (Bintari Ana Ratna Dalila) dan Bapak (Fasih Anwari) yang telah memberikan doa setiap hari kepada anaknya. Terima kasih atas motivasi dan arahan yang kalian berikan untuk membuat anakmu lebih baik kedepannya.

Kakak dan orang terdekat

Terima kasih kepada kakak (Rifqon Muzakki) yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam segala hal apapun. Partner dalam tugas akhir (Islamul Ikhsan) dan orang-orang terdekat yang selalu memberikan semangat, motivasi dan dukungan dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Almamater program studi

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kampus tercinta, Politeknik Pekerjaan Umum. Dosen-dosen yang selalu memberikan bimbingan serta semangat untuk menyelesaikan tugas akhir kali ini.

Teman-teman tersayang

Teman-teman saya yang selalu berbagi keluh kesah serta memberikan dukungan serta semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini, Eltanur Titania Siregar, Jayanti Samosir, Laretna Wuri Faradani, Kharisma Regitya Farasanti, Safira Nur Fatimah, Pretty Marpaung.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada kami sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini hingga selesai. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib dipenuhi setiap mahasiswa untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum.

Dalam kesempatan yang bahagia ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat selesai pada waktunya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas karunia dan kasih sayang Nya penulis dapat menyelesaikan laporan magang ini
2. Bapak Prof. Ir. Indratmo Soekarno, M.Sc., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Pekerjaan Umum
3. Bapak Dr. Ir. Pranoto Samto Atmojo, Dipl., HE,MT. selaku Wakil Direktur I bidang Akademik
4. Bapak Dr. Ir. H. Masrianto, MT. selaku Wakil Direktur II bidang Keuangan dan Umum
5. Bapak Ir. Danang Atmodjo, M.T. selaku Wakil Direktur III bidang Kemahasiswaan dan Alumni
6. Bapak Julmadian Abda, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum
7. Bapak Mhd. Sallim Jungjung dan Bapak Andrian Firmansyah selaku Pembimbing kami di lapangan
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum
9. Seluruh Staff PT Adhi Karya pada Project Manyar Smelter Gresik.

10. Kepada kedua orang tua kami, kami mengucapkan banyak terima kasih sedalam-dalamnya atas dorongan semangat maupun materi. Tanpa mereka penulis tidak akan pernah berhasil menyelesaikan laporann ini.
11. Terima kasih kepada seluruh teman-teman mahasiswa seperjuangan Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum angkatan 2019, dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih atau jauh dari kesempurnaan, maka dengan kerendahan hati penulis berharap saran ataupun kritik yang bersifat membangun dan bertujuan untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan para pembaca sekalian. Agar kita berguna bagi bangsa dan Negara serta berguna bagi orang lain dan diri kita sendiri.

Wa'alaikumsalam Wr. Wb.

Semarang, 12 Agustus 2022

Penulis I

Penulis II

Islamul Ikhsan

Fairuz Salma Nabila

NIM. 193011

NIM. 193026

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
Pernyataan Bebas Plagiasi	iii
Abstrak	v
Persembahan	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Singkatan.....	xvii
Daftar Lampiran	xviii
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Dasar Teori.....	4
2.1.1 Beton Bertulang	4
2.1.2 Baja Tulangan	4
2.1.3 <i>Bar Bending Schedule</i>	4
2.1.4 <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	5

2.1.5	Kelebihan Penggunaan BIM	5
2.2	Studi Literatur.....	6
2.2.1	Perbandingan Perhitungan Volume Kolom Beton antara <i>Building Information Modeling</i> dengan Metode Konvensional.....	6
2.2.2	Kajian Penggunaan <i>Cubicost</i> untuk Pekerjaan <i>Quantity Take Off</i> pada Proses Tender	6
2.2.3	Optimasi Kebutuhan Tulangan pada Balok Menggunakan Program Linier Metode <i>Simplex</i> dan <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	6
2.2.4	Manfaat Penggunaan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) pada Proyek Konstruksi sebagai Media Komunikasi <i>Stakeholders</i>	7
2.2.5	Analisis Penjadwalan dan Bar Bending Schedule dengan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Allplan.....	7
BAB 3	Metode Penelitian	8
3.1	Jenis dan Desain Penelitian	8
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.3	Variabel Penelitian	9
3.4	Alat Pengumpulan Data.....	10
3.5	Prosedur Pengumpulan Data	10
3.6	Pengolahan Data	10
3.7	Analisis Data	16
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	17
BAB 4	Hasil dan Pembahasan	19
4.1	Pengumpulan Data Tulangan	19
4.2	Analisis Kebutuhan Tulangan	21
4.2.1	BBS Metode Konvensional.....	21
4.2.2	BBS Metode BIM	46

4.3	Perbandingan BBS Konvensional dengan BBS BIM.....	55
4.3.1	Perbandingan perhitungan konvensional dan Allplan Standard	56
4.3.2	Perbandingan perhitungan konvensional dan Allplan Custom	59
4.4	Kelebihan dan Kelemahan.....	61
BAB 5	Penutup	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran	64
	Daftar Pustaka	65
	Lampiran	67
	Lampiran 1 <i>Design Drawing</i>	
	Lampiran 2 <i>Standard Drawing</i>	
	Lampiran 3 <i>Bar Bending Schedule</i> Konvensional	
	Lampiran 4 <i>Bar Bending Schedule</i> Allplan Standard	
	Lampiran 5 <i>Bar Bending Schedule</i> Allplan Costum	
	Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi penelitian	9
Gambar 3.2 <i>Standard drawing</i>	11
Gambar 3.3 Detail tulangan <i>bottom bar</i>	12
Gambar 3.4 Detail tulangan <i>top bar</i>	13
Gambar 3.5 Detail tulangan <i>side bar</i>	13
Gambar 3.6 Diagram alir pemodelan BIM	16
Gambar 3.7 Diagram alir penelitian	18
Gambar 4.1 Denah Pilecap	19
Gambar 4.2 Potongan B	19
Gambar 4.3 Layout kebutuhan tulangan bawah dan tulangan atas elevasi +3.75 m	21
Gambar 4.4 Bentuk tulangan P1a	23
Gambar 4.5 Bentuk tulangan P1b	23
Gambar 4.6 Bentuk tulangan P1c	23
Gambar 4.7 Bentuk tulangan P1d	24
Gambar 4.8 Bentuk tulangan P2	24
Gambar 4.9 Bentuk tulangan P3a	25
Gambar 4.10 Bentuk tulangan P3b	25
Gambar 4.11 Bentuk tulangan P4a	25
Gambar 4.12 Bentuk tulangan P4b	25
Gambar 4.13 Bentuk tulangan P5a	26
Gambar 4.14 Bentuk tulangan P5b	26
Gambar 4.15 Bentuk tulangan P6b	27
Gambar 4.16 Bentuk tulangan P6a	27
Gambar 4.17 Bentuk tulangan P6c	27
Gambar 4.18 Bentuk tulangan P7b	28
Gambar 4.19 Bentuk tulangan P7a	28
Gambar 4.20 Bentuk tulangan P7c	29
Gambar 4.21 Layout tulangan bawah (<i>bottom bar</i>)	30
Gambar 4.22 Layout tulangan atas +3.75 m (<i>top bar el. +3.75 m</i>)	32

Gambar 4.23	Layout kebutuhan tulangan atas elevasi +4.25	34
Gambar 4.24	Skema tulangan kait	35
Gambar 4.25	Bentuk Tulangan P14a	35
Gambar 4.26	Bentuk Tulangan P14b	36
Gambar 4.27	Bentuk tulangan P15	36
Gambar 4.28	Bentuk tulangan P16	37
Gambar 4.29	Bentuk tulangan P17	37
Gambar 4.30	Layout tulangan atas elevasi +4.25 m	39
Gambar 4.31	Skema tulangan kait pada <i>side bar</i>	41
Gambar 4.32	Layout tulangan samping elevasi +3.75 m (<i>side bar el. +3.75 m</i>)	42
Gambar 4.33	Layout tulangan samping elevasi +4.25 m (<i>side bar el. +4.25 m</i>)	43
Gambar 4.34	Bentuk tulangan P1a	45
Gambar 4.35	<i>Project template Allplan</i>	46
Gambar 4.36	Tampilan menu <i>new project</i>	47
Gambar 4.37	Menu <i>default setting reinforcement</i> pada Allplan	47
Gambar 4.38	<i>Floor manager</i> pada Allplan	48
Gambar 4.39	Menu <i>layer</i> pada Allplan	49
Gambar 4.40	Menu <i>grid</i> pada Allplan	49
Gambar 4.41	Tampilan 3D pilecap	50
Gambar 4.42	Tampilan toolbar reinforcement	50
Gambar 4.43	Pengaturan <i>concrete cover</i>	51
Gambar 4.44	Pengaturan <i>area reinforcement</i>	51
Gambar 4.45	Pengaturan tulangan kait	51
Gambar 4.46	Pengaturan perletakan besi	52
Gambar 4.47	Pengaturan bentuk besi	53
Gambar 4.48	Pembuatan custom besi pada potongan	53
Gambar 4.49	Pengaturan penempatan besi	54
Gambar 4.50	Hasil BBS dari Allplan	55
Gambar 4.51	BBS Allplan	57
Gambar 4.52	BBS Allplan	58

Gambar 4.53 BBS Allplan standard.....	58
Gambar 4.54 BBS konvensional.....	59
Gambar 4.55 BBS Allplan	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	9
Tabel 3.2 Daftar berat tulangan polos per meter	14
Tabel 3.3 Daftar tulangan ulir per meter	14
Tabel 4.1 Data – Data Tulangan Pilecap	20
Tabel 4.2 <i>Rebar arrangement bottom bar</i>	31
Tabel 4.3 <i>Rebar arrangement top bar el. +3.75 m</i>	33
Tabel 4.4 <i>Rebar arrangement top bar el. +4.25m</i>	40
Tabel 4.5 <i>Rebar arrangement side bar</i>	44
Tabel 4.6 Rekapitulasi perbandingan BBS konvensional dengan BBS allplan standard	56
Tabel 4.7 Rekapitulasi perbandingan BBS konvensional dengan BBS allplan custom	59
Tabel 4.8 Rekapitulasi jumlah tulangan antara BBS konvensional dan BBS allplan custom	60
Tabel 4.9 Rekapitulasi kelemahan dan kelebihan metode konvensional dengan metode BIM Allplan.....	63

DAFTAR SINGKATAN

mm	= Millimeter
m	= Meter
kg	= Kilogram
kg/m	= Kilogram per meter
D	= Diameter
P1	= Kode penamaan tulangan
SNI	= Standar Nasional Indonesia
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
BBS	= <i>Bar Bending Schedule</i>
BIM	= <i>Building Information Modeling</i>
Ls	= Panjang Sambungan Tulangan
L	= Panjang Potongan Tulangan
N	= Jumlah Kebutuhan Tulangan
W	= Berat Tulangan
x	= Arah Horizontal
y	= Arah Vertikal
3D	= 3 Dimensi
2D	= 2 Dimensi

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : *Design Drawing* pilecap Shelter F4 – FSF
Lampiran 2 : *Standard Drawing*
Lampiran 3 : Hasil BBS konvensional
Lampiran 4 : Hasil BBS *software* BIM *Allplan* cara *standard*
Lampiran 5 : Hasil BBS *software* BIM *Allplan* cara *custom*
Lampiran 6 : Daftar Riwayat Hidup
Lampiran 7 : Lembar Asistensi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Smelter Manyar merupakan fasilitas pemurnian dan pengolahan tembaga milik PT Freeport Indonesia yang sedang dibangun di Kawasan Java Integrated Industrial Estate (JIPE), Gresik, Jawa Timur dengan luas keseluruhan sekitar 100 hektar, sebagai bentuk komitmen PT Freeport Indonesia untuk mematuhi kualifikasi yang tertuang dalam IUPK (Izin Usaha Pertambangan Khusus) (PT Freport Indonesia, 2021).

Smelter merupakan bangunan khusus, sehingga dalam proses pembangunannya berbeda dari kebanyakan gedung lainnya. Hal ini menyebabkan kebutuhan material dan bahan untuk pembangunan Smelter Manyar pasti akan berbeda dengan konstuksi lainnya, termasuk dalam material besi (*rebar*). Pengelolaan material besi tulangan sangat penting karena berkaitan dengan pengendalian biaya dan sumber daya proyek konstruksi.

Revolusi industri 4.0 merupakan fenomena terjadinya kolaborasi teknologi otomatisasi dalam berbagi suatu informasi yang terhubung satu sama lain di lingkungan kerja. Perkembangan teknologi ini membawa banyak perubahan dalam berbagai sector. Salah satu sector yang berpengaruh adalah dunia konstruksi. Bentuk perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi adalah penggunaan metode BIM (*Building Information Modeling*). BIM merupakan salah satu metode kerja berbentuk 3D dari sebuah bangunan yang mampu mensimulasikan informasi proyek konstruksi.

Estimasi *quantity take-off* atau estimasi perhitungan volume konstruksi merupakan komponen yang sangat penting dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi serta harus melalui pertimbangan dalam tahap perencanaan. Merencanakan *quantity take-*

off secara detail membutuhkan akurasi dalam perhitungan kebutuhan material. Maka dari itu, dibutuhkan penggunaan *software* BIM untuk meminimalisir kesalahan dalam perhitungan agar bisa lebih efektif dan efisien.

Perkembangan teknologi di dunia konstruksi menjadi semakin menarik, cara-cara konvensional atau cara lama mulai sedikit demi sedikit di tinggalkan dan beralih ke cara baru yang lebih efisien. Salah satu perkembangan yang paling signifikan adalah penggunaan BIM pada perhitungan volume pekerjaan (*quantity take-off*). Pada penelitian ini akan dilakukan modeling menggunakan metode BIM pada pekerjaan struktur pondasi dan dilakukan perhitungan secara konvensional dengan harapan dapat memberikan gambaran tentang selisih perhitungan antara *quantity take-off* menggunakan metode BIM dan perhitungan *quantity take-off* metode konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah Menganalisis presentase perbandingan *bar bending schedule* metode konvensional dan metode BIM pada pekerjaan pilecap serta menganalisis kelebihan dan kekurangan perhitungan metode konvensional dan metode BIM.

1.3 Batasan Masalah

Dalam laporan tugas akhir ini ada beberapa hal yang akan dibatasi. Adapun hal-hal yang akan dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada kawasan Manyar Smelter Projeet.
2. *Quantity take-off* dibatasi pada pekerjaan struktur bawah (pilecap) khususnya pekerjaan pembesian.
3. Perhitungan volume metode konvensional dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft excel dan Autocad.
4. Pemodelan dan *quantity take-off* besi pada metode BIM dilakukan menggunakan *software* BIM Allplan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis selisih persentase perbandingan hasil *bar bending schedule* menggunakan metode BIM dan metode konvensional melalui pemodelan struktur pilecap pada Manyar Smelter Project dan menganalisis kelebihan dan kekurangan perhitungan metode konvensional dan metode BIM.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam *quantity take-off* besi pada Manyar Smelter Project sehingga tidak banyak material yang terbuang. Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kemampuan dan pengetahuan penulis dalam penggunaan BIM pada proses pelaksanaan konstruksi
2. Sebagai referensi dalam memilih metode quantity take off untuk pelaku dunia konstruksi sehingga dapat meminimalisir kesalahan perhitungan quantity take off yang berakibat pada biaya proyek
3. Meningkatkan pengetahuan, menambah informasi dan mengetahui manfaat penggunaan BIM dalam quantity take off
4. Memberikan informasi kepada institusi pendidikan untuk lebih terfokus pada pembelajaran konsep BIM yang menjadi modal keterampilan untuk terjun ke dalam dunia kerja yang semakin maju

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Beton Bertulang

Beton merupakan campuran dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) atau agregat lain yang dicampur dengan semen dan air membentuk menjadi suatu massa yang padat dan keras. Kombinasi dari kedua material beton dan baja tulangan dinamakan beton bertulang. Beton bertulang menjadi salah satu komponen struktur yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi terkait dengan fungsinya yang saling melengkapi dimana baja tulangan mampu menahan gaya tarik sedangkan beton mampu menahan gaya tekan (Jack C. McCormac, 2004).

2.1.2 Baja Tulangan

Konstruksi beton memerlukan tulangan untuk menahan gaya tarik karena beton kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik. Tulangan untuk beton terbuat dari material baja yang berbentuk batang dan memiliki penampang bundar. Tulangan beton mempunyai 2 jenis yaitu tulangan polos yang memiliki permukaan rata tidak berulir. Sedangkan tulangan ulir memiliki permukaan ulir sirip melintang yang berfungsi untuk pengikat antara batang tulangan terhadap beton (Alpha, 2015)

2.1.3 *Bar Bending Schedule*

Bar bending schedule atau biasa disingkat BBS adalah tabel yang berisi daftar potongan-potongan besi yang didapat dari hasil perhitungan dan estimasi kebutuhan besi, tujuannya untuk acuan yang digunakan dalam tahapan fabrikasi sebelum diakukannya pemasangan besi pada struktur beton bertulang. BBS berisi informasi data mengenai panjang, bentuk, diameter dan jumlah tulangan serta berat dari masing-masing bentuk.

2.1.4 *Building Information Modeling (BIM)*

Menurut Kementerian PUPR tahun 2018, BIM adalah kumpulan penggunaan model untuk mencapai hasil informasi yang spesifik, dapat diulang dan dapat diandalkan yang ditentukan alur kerja dan metode pemodelannya. Dengan teknologi BIM, bangunan yang dibangun secara digital akan menghasilkan model virtual yang akurat. Model yang dihasilkan berisi presisi geometri dan data relevan yang diperlukan untuk mendukung konstruksi, fabrikasi, dan kegiatan pengadaan yang dibutuhkan untuk mewujudkan bangunan tersebut.

BIM juga mendukung salah satu fungsi untuk memodelkan siklus hidup bangunan, memberikan dasar untuk kemampuan konstruksi baru dan perubahan dalam peran dan hubungan di antara tim proyek. Ketika digunakan dengan tepat, BIM sangat membantu proses desain dan konstruksi yang saling berkaitan dan menghasilkan bangunan berkualitas lebih baik dengan biaya lebih rendah dan mengurangi durasi proyek.

BIM dapat berfungsi untuk mewakili siklus hidup bangunan. Siklus hidup mencakup proses konstruksi hingga pemeliharaan bangunan. Rentang kerja dapat dibagi, ditentukan dan dipisahkan. Bahkan kualitas dan kuantitas bahan material yang digunakan dapat ditentukan dengan mudah.

Para *stakeholder* (pemilik, arsitek, kontraktor, engineer, dll) harus bekerja sama, bertukar informasi, dan berkolaborasi untuk efisiensi proses konstruksi sehingga dapat meminimalisir kesalahan, mempercepat proses konstruksi, meminimalisir waste atau limbah dan menekan biaya yang dikeluarkan selama proses konstruksi. (PUPR, 2018)

2.1.5 Kelebihan Penggunaan BIM

Menurut direktur jenderal bina konstruksi dalam paparan seminar BIM menyebutkan manfaat penggunaan metode BIM adalah meningkatkan efisiensi dan akurasi, proses desain dan konstruksi lebih transparan, tingkat akurasi dalam perhitungan tinggi,

menghindari human eror, waktu pelaksanaan lebih cepat serta mempermudah proses pemantauan dan evaluasi proyek (Daud, 2019).

2.2 Studi Literatur

2.2.1 Perbandingan Perhitungan Volume Kolom Beton antara *Building Information Modeling* dengan Metode Konvensional

Pada tahun 2021 Afrika Suwarni dan Basuki Anondho melakukan penelitian dengan judul Jurnal “Perbandingan Perhitungan Volume Kolom Beton antara *Building Information Modeling* dengan Metode Konvensional” penelitian ini dilakukan dengan membandingkan volume menggunakan metode konvensional dan metode BIM pada struktur kolom beton bangunan 8 lantai dengan *software Cubicost TAS* dan *Cubicost TRB* dengan mengacu pada SNI 3847-2013. Penelitian ini menunjukkan perbandingan volume beton dan volume pembesian pada kolom antara metode konvensional dengan metode BIM *software Cubicost* (Suwarni & Anondho, 2021).

2.2.2 Kajian Penggunaan *Cubicost* untuk Pekerjaan *Quantity Take Off* pada Proses Tender

Penelitian dengan judul “Kajian Penggunaan *Cubicost* untuk Pekerjaan *Quantity Take Off* pada Proses Tender” dilakukan oleh Ajeng Ayu Anindya dan Onnyxiforus Gondokusumo tahun 2020. Penelitian ini mengkaji mengenai inovasi penggunaan BIM dalam perhitungan volume pekerjaan pada saat tender karena durasi pada proses tender yang sangat singkat. *Software* yang digunakan dalam perhitungan volume yang digunakan adalah *Cubicost TAS* dan *TRB*. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berupa perbandingan kebutuhan waktu kerja, akurasi perhitungan dan cara pengoperasian antara metode konvensional dan metode BIM. (Anindya & Gondokusumo, 2020).

2.2.3 Optimasi Kebutuhan Tulangan pada Balok Menggunakan Program Linier Metode *Simplex* dan *Building Information Modeling* (BIM)

Indra Permana (2021) melakukan penelitian dengan judul “Optimasi kebutuhan tulangan pada balok menggunakan program linier

metode simplex dan *Building Information Modeling* (BIM)” penelitian ini menggunakan metode konvensional dengan metode program linier *simplex* dan BIM untuk menghasilkan *bar bending schedule* yang efektif dan efisien serta menganalisis *waste* dari kebutuhan material tulangan. Hasil yang didapatkan berupa persentase perbandingan diantara kedua metode yang digunakan. Didapatkan metode *simplex* dan BIM dari segi mutu, waktu dan biaya lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional (Permana, 2021).

2.2.4 Manfaat Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada Proyek Konstruksi sebagai Media Komunikasi *Stakeholders*

Rafli, Bambang Endro Yuwono, dan Ripsky Rayshanda melakukan penelitian pada tahun 2018 dengan judul jurnal “Manfaat Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada Proyek Konstruksi Sebagai Media Komunikasi *Stakeholders*” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat penggunaan BIM sebagai media komunikasi diantara beberapa disiplin ilmu dalam proyek konstruksi. Pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran kuisioner pada perusahaan kontraktor maupun konsultan di DKI Jakarta dan didapatkan hasil penggunaan BIM sangat mempermudah dalam berkomunikasi dan berkoordinasi (Rafli, Yuwono, & Rayshanda, 2018).

2.2.5 Analisis Penjadwalan dan *Bar Bending Schedule* dengan *Building Information Modeling* (BIM) Allplan

Afridel Mafrul pada 2021 melakukan penelitian dengan judul “Analisis Penjadwalan dan *Bar Bending Schedule* dengan *Building Information Modeling* (BIM) Allplan”. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai produktivitas alat berat dan man power pada setiap pekerjaan, *bar bending schedule*, *quantity takeoff*, dan mengetahui durasi pekerjaan dengan menggunakan *software* BIM Allplan 2018 (Mafrul, 2021).

BAB 3

METODE PENELITIAN

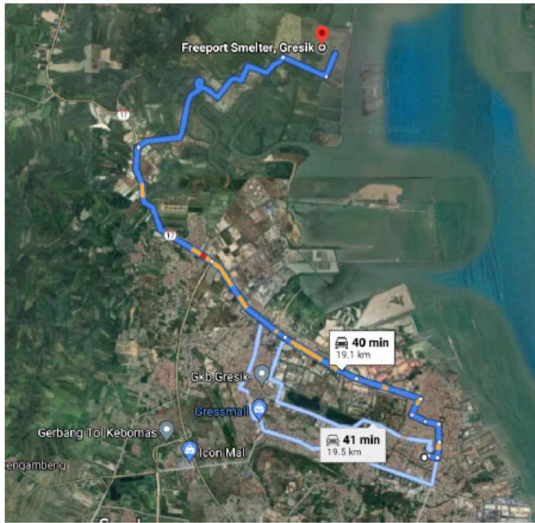
3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dan analitik. Metode deskriptif kuantitatif diartikan sebagai metode untuk mendeskripsikan suatu keadaan menggunakan angka, baik dari proses pengumpulan data, penafsiran data serta hasilnya (Arikunto, 2006). Menurut (Sugiyono, Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, 2013) pengertian dari deskriptif analitik yaitu suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan suatu objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah dikumpulkan tanpa melakukan analisis membuat kesimpulan yang berlaku umum. Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif dan analitik karena dalam mendeskripsikan hasil penelitian menggunakan angka dan bertujuan untuk membandingkan hasil penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

1. Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Manyar Smelter Project, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Proyek berada di Kawasan JIPE (*Java Integrated Industrial and Port Estate*) Gresik sekitar 19,1 km dari kota Gresik.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan mulai dari bulan April 2022 sampai bulan Agustus 2022.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan																												
2	Pembuatan Proposal																												
3	Pengumpulan Data																												
4	Analisis Data																												
5	Asistensi																												
6	Penyusunan Tugas Akhir																												
7	Evaluasi																												

* Mulai magang tanggal 7 Februari 2022 s/d 7 Agustus 2022

* Rencana Kegiatan mengikuti jadwal magang proyek

Sumber : (Penulis, 2022)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu nilai atau sifat dari obyek kegiatan yang ditetapkan peneliti untuk dilakukan penarikan kesimpulan (Sugiyono, Statistika untuk Penelitian, 2007). Variabel dalam penelitian ini adalah material besi dari komponen struktur beton bertulang yang dilakukan perhitungan menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan perbandingan hasil yang sesuai kebutuhan. Perhitungan dilakukan dengan membuat pemodelan panjang dan

bentuk dari rangkaian tulangan, setelah itu dilakukan perhitungan berat tulangan total sehingga mendapatkan perbandingan dari beberapa metode.

3.4 Alat Pengumpulan Data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Gambar kerja
2. *Software* BIM (Allplan)
3. Zoom Video Call
4. Microsoft Office
5. Handphone

3.5 Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dalam penelitian ini dengan cara mengumpulkan data drawing yang digunakan. Data penelitian yang diperlukan berupa *design drawing* pilecap F4 – FSF, dan *standard drawing* yang berlaku pada Manyar Smelter Project. *Standard drawing* yang digunakan mengacu kepada *American Concrete Institute* atau ACI 318. Data yang dikumpulkan menjadi bahan untuk membuat modeling pada objek yang diteliti. *Software* BIM yang digunakan pada penelitian ini adalah *software* Allplan. Modeling dilakukan untuk mengetahui gambaran bentuk objek penelitian secara kenyataan di lapangan yang akan dibangun pada proyek ini. Modeling juga berguna mengetahui jumlah tulangan yang dibutuhkan, panjang tulangan, panjang sambungan yang sesuai dengan *standard drawing* yang berlaku dalam proyek ini. Hasil dari modeling menjadi perbandingan dengan hasil perhitungan secara konvensional.

3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Metode Konvensional

Untuk mempermudah perhitungan pada metode konvensional, maka pemodelan dari sketsa 2d dilakukan dengan bantuan *software* Autocad dan perhitungan berat tulangan menggunakan *software*

Microsoft Excel. Dalam kasus ini, perhitungan penulangan besi pilecap dibagi menjadi 4 bagian utama, yaitu :

- a. Tulangan bawah (*bottom bar*)
- b. Tulangan atas elevasi + 3.75 m (*top bar el +3.75 m*)
- c. Tulangan atas elevasi + 4.25 m (*top bar el +4.25 m*)
- d. Tulangan pinggang (*side web bar*)

Bagian tersebut akan dijelaskan secara detail sebagai berikut :

- a. Tulangan bawah (*bottom bar*)
 - Untuk menghitung panjang besi yang dibutuhkan dalam pondasi adalah
 $L = \text{Panjang pondasi} - \text{selimut beton kiri} - \text{selimut beton kanan}$
 - Untuk menghitung jumlah besi adalah
 $N = \text{Panjang area penulangan} / \text{jarak tulangan} + 1$
 - Berdasarkan SNI 2052-2017 tentang baja tulangan beton, penggunaan maksimal satu batang besi hanya 12 meter. Jika pondasi memiliki panjang lebih dari 12 meter, maka harus ditambahkan panjang sambungan lewatan (*Ls*) atau *lapping*. Ketentuan panjang *lapping* mengikuti persyaratan standar penulangan yang berlaku pada Manyar Smelter Project sebagai berikut.

NOTE:

1) FOLLOWING DEVELOPMENT AND LAP LENGTHS CAN BE REDUCED, IN LIMITED CIRCUMSTANCES, IN ACCORDANCE WITH CHAPTER 25 OF THE ACI 318M-14.

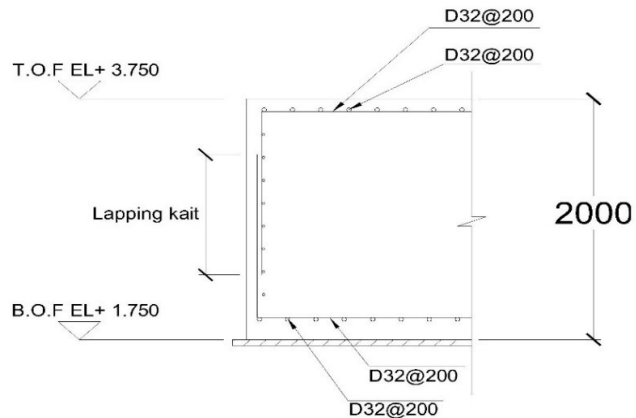
BARS	db	MIN DEVELOPMENT LENGTH					MIN LAP LENGTH		
		IN TENSION		IN COMPRESSION		S3	IN TENSION		S5
		S1	S2 = $l_{dn} + 90^{\circ} \text{hook}$	S4	S5				
(mm)	TOP ²	OTHERS ³	l_{dn}	$l_{dn} + 90^{\circ} \text{hook}$	TOP ²	OTHERS ³	S5		
D10	9.5	440	340	170	305	205	575	445	305
D13	12.7	585	450	225	405	230	765	585	380
D16	15.9	730	565	285	505	290	950	735	475
D19	19.1	880	675	340	605	345	1145	880	570
D22	22.2	1280	985	395	705	405	1665	1285	665
D25	25.4	1460	1125	450	805	460	1900	1465	760
D29	28.7	1680	1290	510	925	520	2185	1680	855
D32	32.3	1890	1455	570	1040	585	2460	1895	965
D36	35.8	2095	1615	635	1155	650	2725	2100	1070

2) TOP SHALL APPLY TO TOP BARS OF BEAM/SLAB WITH MORE THAN 300MM OF FRESH CONCRETE PLACED BELOW.

3) FOR COLUMN, WALL AND BEAM/SLAB OTHER THAN AS NOTED IN 2) ABOVE, THE S1 OTHERS VALUES SHALL APPLY.

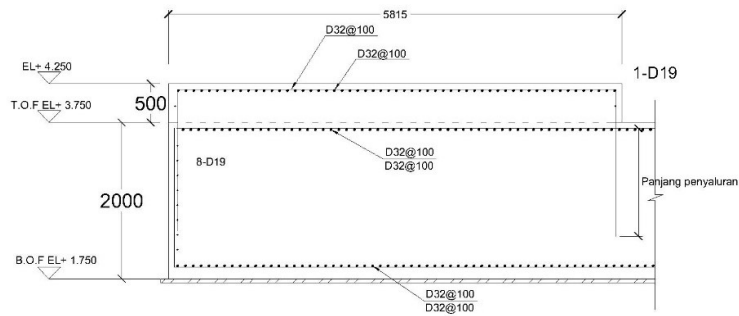
Gambar 3.2 Standard drawing

- Untuk tulangan kait pada tulangan bawah pilecap
 Tul. Kait baris ke-2 = (((tebal pondasi – selimut beton atas – selimut beton bawah – *lapping hook* – diameter besi)/2) + *lapping hook*)
 Tul. Kait baris ke-1 = Hook 2nd layer + diameter besi



Gambar 3.3 Detail tulangan *bottom bar*

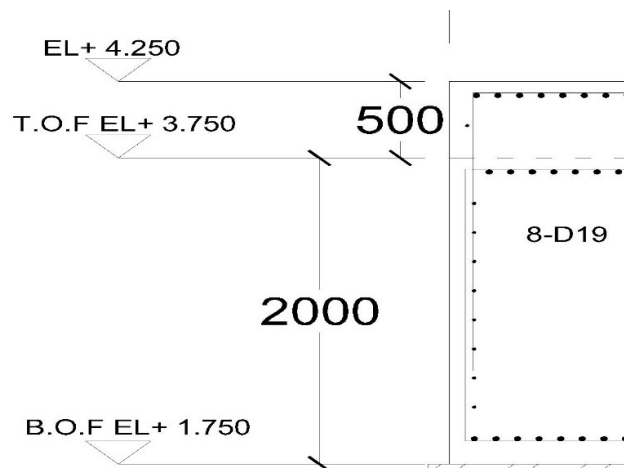
- Tulangan atas elevasi + 3.75 m & + 4.25 (*top bar* el +3.75 m & +4.25 m)
 - Untuk perhitungan panjang dan jumlah tulangan atas elevasi + 4.25 m sama seperti tulangan bawah dan tulangan atas elevasi 3.75 m, yang membedakan hanya pada tulangan kaitnya.
 - Untuk tulangan kait pada tulangan bawah pilecap
 Tul. Kait = (tebal pondasi - selimut beton atas) + panjang penyaluran



Gambar 3.4 Detail tulangan *top bar*

c. Tulangan pinggang (*side web bar*)

- Untuk menghitung panjang besi yang dibutuhkan di tulangan samping adalah
 $L = \text{Panjang pondasi} - \text{selimut beton kiri} - \text{selimut beton kanan} - \text{diameter kait atas} - \text{diameter kait bawah}$



Gambar 3.5 Detail tulangan *side bar*

- Berdasarkan SNI 2052-2017 tentang baja tulangan beton, penggunaan maksimal satu batang besi hanya 12 meter. Jika panjang pondasi lebih dari 12 meter maka harus dilakukan panjang sambungan lewatan (L_s) atau *lapping*.

Ketentuan panjang lapping mengikuti persyaratan standar penulangan yang berlaku pada Manyar Smelter Project.

Setelah mendapatkan panjang dan jumlah dari tulangan bawah, tulangan samping dan tulangan atas. Langkah selanjutnya adalah menghitung berat dari besi yang digunakan sebagai tulangan. Perhitungan berat pada metode konvensional dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Menurut SNI 2052-2017 jenis tulangan terbagi menjadi dua, yaitu :

a. Tulangan polos

Tabel 3.2 Daftar berat tulangan polos per meter

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Berat nominal per meter*
		mm	mm ²	kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P 14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	380	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834

Sumber : (SNI 2052:2017)

b. Tulangan ulir atau sirip

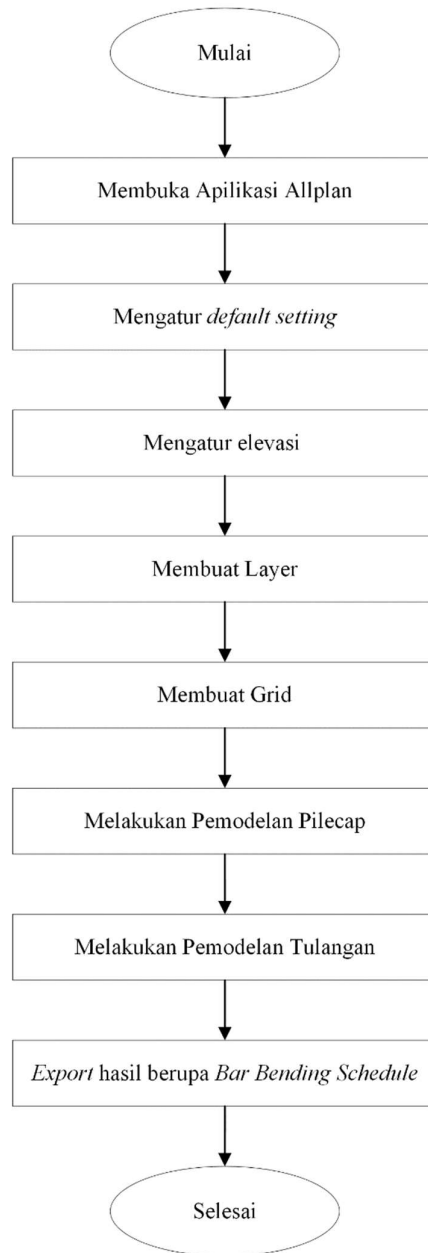
Tabel 3.3 Daftar tulangan ulir per meter

No	Pena- maan	Dia- meter nominal (d)	Luas penam- pang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter
				min	maks			
		mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S 10	10	79	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
6	S 19	19	284	1,0	1,9	13,3	14,9	2,226
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,984
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,990

Sumber : (SNI 2052:2017)

2. Metode *Building Information Modeling*

Pada penelitian ini pemodelan BIM dilakukan dengan menggunakan *software Allplan*. Langkah pertama yang dilakukan adalah modeling pilecap F4 – FSF. Modeling dilakukan sebagai syarat awal untuk melakukan pemodelan tulangan nanti. Selain itu, modeling berfungsi untuk memberikan gambaran bentuk bangunan yang akan dikerjakan. Setelah selesai melakukan pemodelan pilecap maka dilakukan *modeling* tulangan. *Modeling* tulangan dilakukan mengikuti *design drawing* dan *standard drawing* yang sudah ada. *Standard drawing* yang berlaku mengacu pada ACI 318. *Modeling* tulangan dilakukan hingga menghasilkan *bar bending schedule*. Bagan alir atau *flowchart* pemodelan menggunakan *software Allplan* adalah sebagai berikut.



Gambar 3.6 Diagram alir pemodelan BIM

3.7 Analisis Data

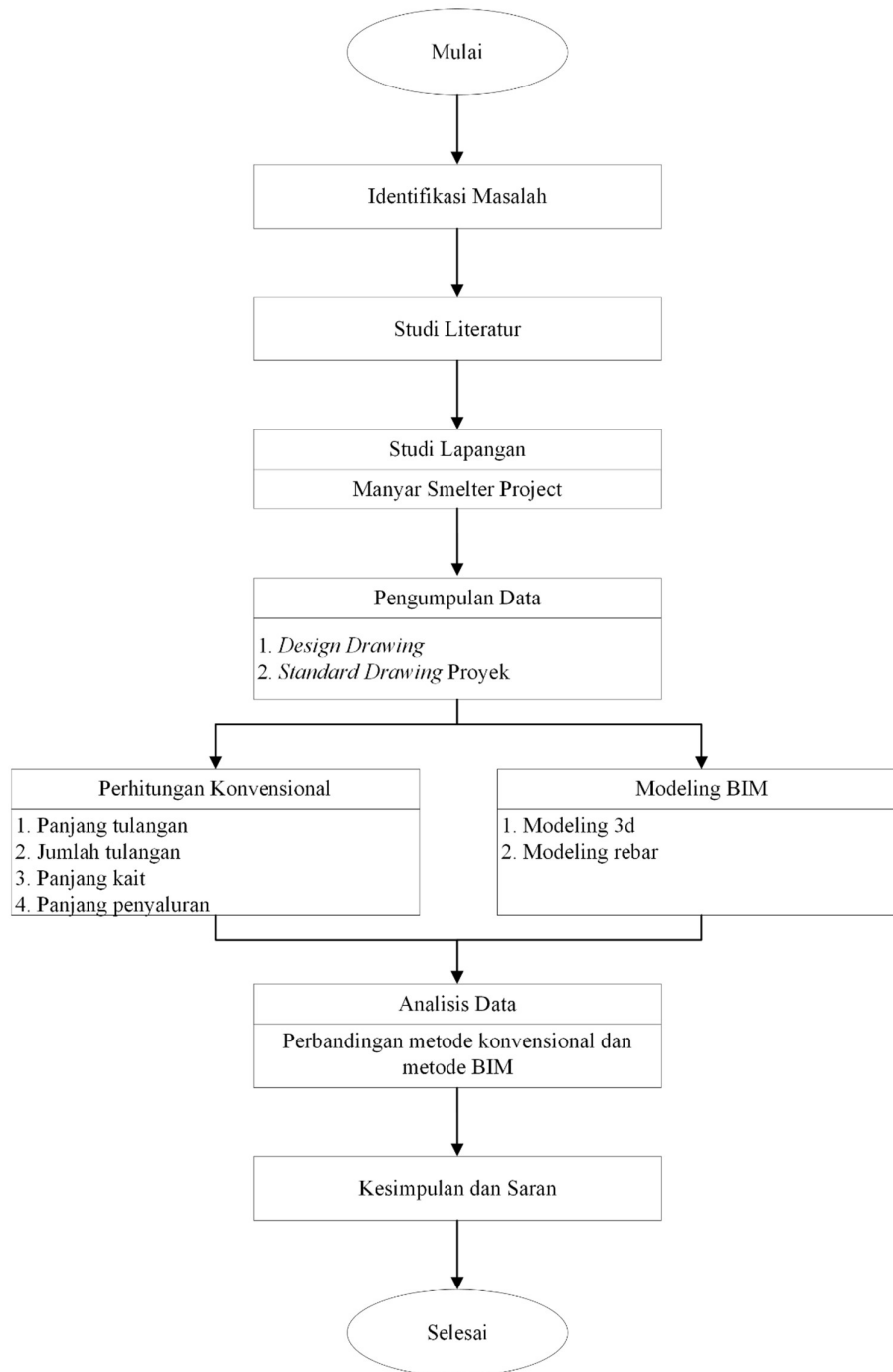
Setelah dilakukan perhitungan konvensional dan pemodelan BIM menggunakan *software Allplan*, maka didapatkan hasil berupa *bar bending schedule*. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terletak pada akurasi perhitungan kuantitas besi secara konvensional

dibandingkan dengan kuantitas besi yang didapatkan dari *software Allplan*. Setelah mendapatkan perbandingan kuantitas maka akan dianalisis penyebab perhitungan kuantitas besi secara konvensional dan kuantitas besi yang didapatkan dari *software Allplan* berbeda. Setelah itu, penulis akan menganalisis kelemahan dan keuntungan perhitungan kuantitas besi secara konvensional dan kuantitas yang didapatkan dari *software Allplan* dalam penelitian ini.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Penulis membuat kesimpulan mengenai permasalahan yang akan dibahas dalam studi kasus ini. Kesimpulan akan menjawab tujuan dari penelitian. Saran berisi anjuran berguna untuk peneliti selanjutnya yang tertarik untuk membahas tentang perbandingan BBS metode

konvensional dengan metode BIM khususnya *software* Allplan

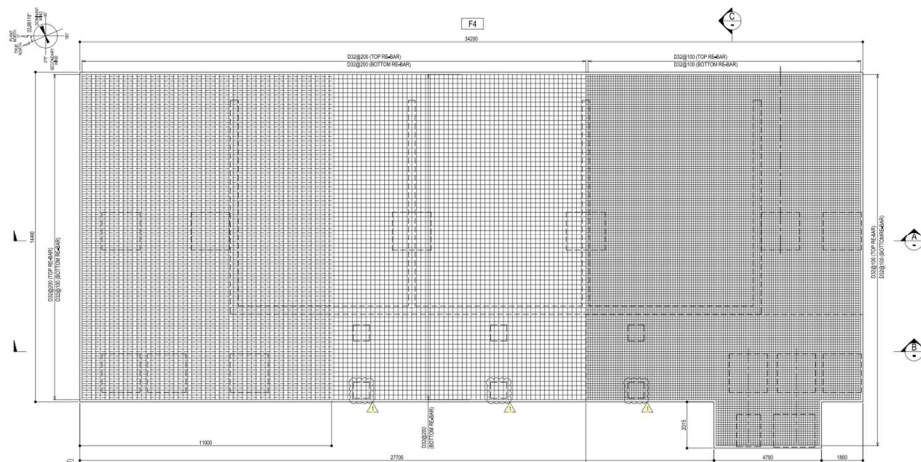


Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

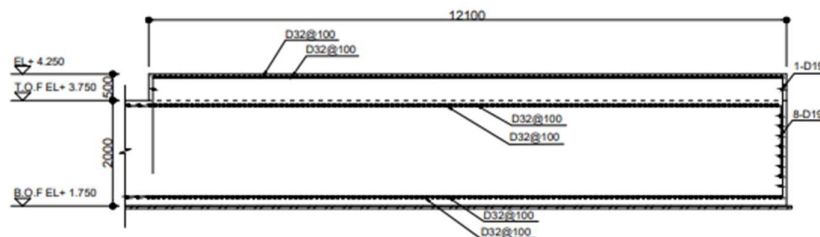
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data Tulangan

Penulis melakukan penelitian ini dengan studi kasus struktur pondasi pilecap yang bertujuan untuk perhitungan kebutuhan tulangan melalui metode pembuatan bar bending schedule secara konvensional dengan BIM. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer. Data primer berupa design drawing dan standard drawing yang bersumber dari proyek.



Gambar 4.1 Denah Pilecap



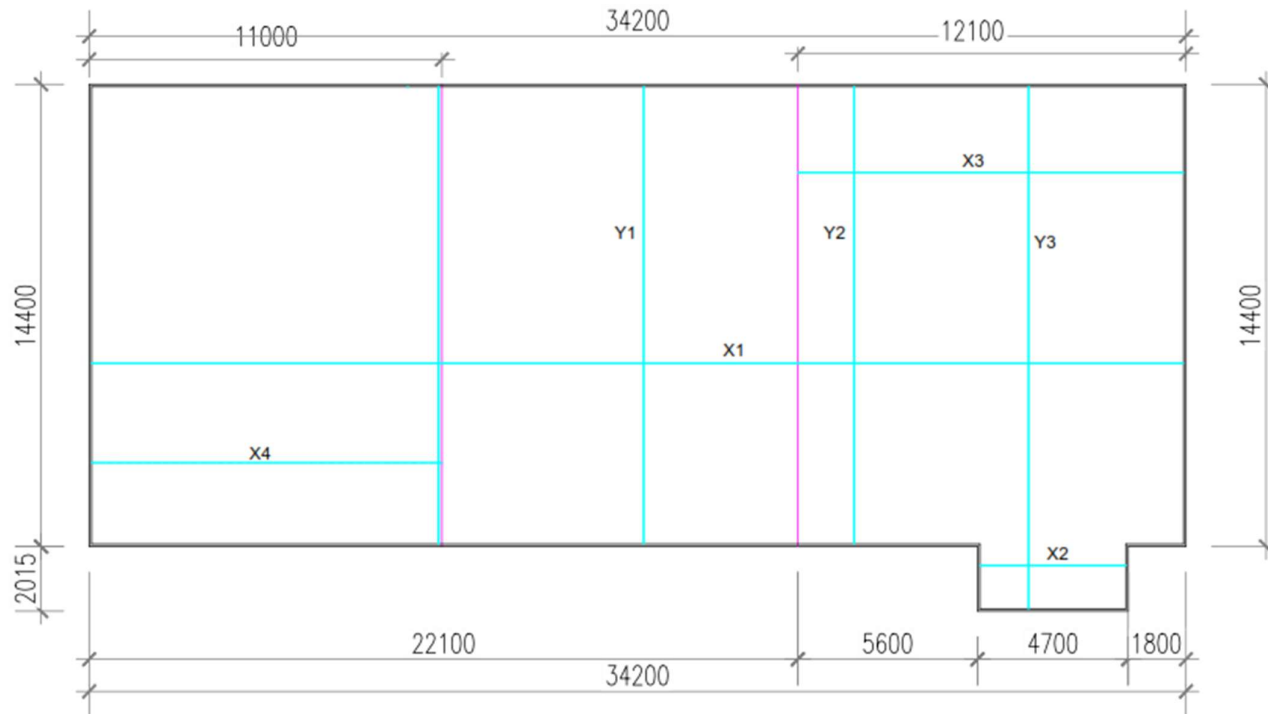
Gambar 4.2 Potongan B

Tabel 4.1 Data – Data Tulangan Pilecap

Jenis	Arah	Bar Mark	Diamater	Jarak	Dimensi	
					Panjang	Lebar
			mm	mm	mm	mm
Bottom + 1.75	X1	P1	D32	200	34200	14400
Bottom + 1.75	X2	P2	D32	100	4700	2015
Bottom + 1.75	X3	P3	D32	200	12100	14400
Bottom + 1.75	X4	P4	D32	200	11000	14400
Bottom + 1.75	Y1	P5	D32	200	14400	22100
Bottom + 1.75	Y2	P6	D32	100	14400	7400
Bottom + 1.75	Y3	P7	D32	100	16415	4700
Top +3.75	X1	P8	D32	200	34200	14400
Top +3.75	X2	P9	D32	200	4700	2015
Top +3.75	X3	P10	D32	200	12100	14400
Top +3.75	Y1	P11	D32	200	14400	22100
Top +3.75	Y2	P12	D32	100	14400	7400
Top +3.75	Y3	P13	D32	100	16415	4700
Top + 4.25	X1	P14	D32	100	12100	3800
Top +4.25	X2	P15	D32	100	4700	2015
Top + 4.25	Y1	P16	D32	100	3800	7400
Top +4.25	Y2	P17	D32	100	5815	4700
Side Bar +3.75	-	P18	8D19	-	38230	-
Side Bar +3.75	-	P19	8D19	-	34200	-
Side Bar +3.75	-	P20	8D19	-	14400	-
Side Bar +4.25	-	P21	1D19	-	12100	-
Side Bar +4.25	-	P22	1D19	-	16130	-
Side Bar +4.25	-	P23	1D19	-	3800	-

4.2 Analisis Kebutuhan Tulangan

4.2.1 BBS Metode Konvensional



Gambar 4.3 Layout kebutuhan tulangan bawah dan tulangan atas elevasi +3.75 m

Untuk menghitung tulangan kait pada pilecap menggunakan rumus sebagai berikut

$$1. \text{ Tul. Kait baris ke-2} = (((\text{tebal pondasi} - \text{selimut beton atas} - \text{selimut beton bawah} - \text{lapping hook} - \text{diamater besi})/2) + \text{lapping hook})$$

$$\text{Tul. Kait baris ke-2} = (((2000 - 75 - 75 - 965 - 32)/2) + 965)$$

$$\text{Tul. Kait baris ke-2} = 1.354 \text{ mm}$$

$$2. \text{ Tul. Kait baris ke-1} = \text{Hook 2}^{\text{nd}} \text{ layer} + \text{diamater besi}$$

$$\text{Tul. Kait baris ke-1} = 1.354 + 32$$

$$\text{Tul. Kait baris ke-1} = 1.386 \text{ mm}$$

Dilakukan pembulatan menjadi

$$\text{Tul. Kait baris ke-2} = 1.354 \approx 1.355 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Kait baris ke-1} = 1.386 \approx 1.385 \text{ mm}$$

Dalam perhitungan besi, pada *bottom bar* dan *top bar* untuk elevasi +3.75 m memiliki tulangan dengan jarak yang sama dan perhitungan yang sama.

$$1. \text{ Tulangan bawah (bottom bar) dan tulangan atas elevasi +3.75 m (top bar el. +3.75 m)}$$

A. Tulangan arah x

$$1. \text{ Tulangan X-1 (P1 dan P8) :}$$

$$\text{Panjang pondasi} = 34.200 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

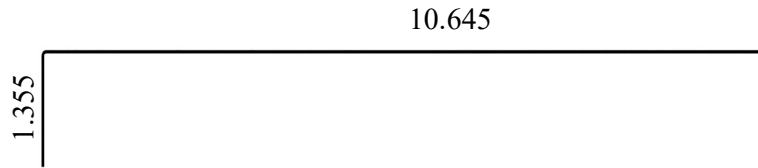
$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2)$$

$$= 34.200 - (75 \times 2)$$

$$= 34.050 \text{ mm}$$

Karena panjang besi maksimal di fabrikasi adalah 12000 mm, maka *bottom bar* x harus disambung atau di *lapping*. Untuk panjang *lapping* sesuai dengan *standard drawing* yang berlaku pada proyek ini adalah 2.460 mm. Sehingga, untuk kebutuhan tulangannya sebagai berikut :

$$\text{Untuk Panjang P1a} = 12.000 - 1.355 = 10.645 \text{ mm}$$



Gambar 4.4 Bentuk tulangan P1a

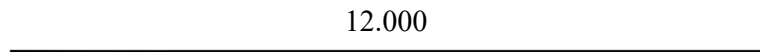
Jika panjang P1b adalah 12.000 mm, maka Panjang rangkaian besi P1 setelah P1a + P1b adalah

$$P1.1 = P1a + P1b - lapping$$

$$P1.1 = 10.645 + 12.000 - 2.460$$

$$P1.1 = 20.185 \text{ mm}$$

$P1.1 = 20.185 \text{ mm} < L = 34.050 \text{ mm}$, sehingga membutuhkan rebar tambahan.



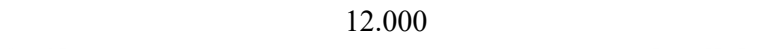
Gambar 4.5 Bentuk tulangan P1b

Jika panjang P1c adalah 12.000 mm, maka Panjang rangkaian besi P1 setelah P1a + P1b + P1c adalah

$$P1.2 = P1.1 + P1c - lapping$$

$$P1.2 = 20.185 + 12.000 - 2.460$$

$$P1.2 = 29.725 < L = 34.050 \text{ mm, membutuhkan rebar tambahan}$$



Gambar 4.6 Bentuk tulangan P1c

$$P1d = L - P1.2$$

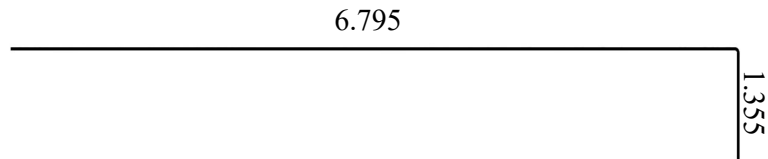
$$P1d = 34.050 - 29.725$$

$$P1d = 4.325 \text{ mm}$$

$$P1d = 4.325 + lapping$$

$$P1d = 4.325 + 2460$$

$$P1d = 6.795 \text{ mm}$$



Gambar 4.7 Bentuk tulangan P1d

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (14.400 - 75 - 75) / 200 + 1$$

$$N = 72,25 \approx 73 \text{ buah}$$

2. Tulangan X-2 (P2 dan P9) :

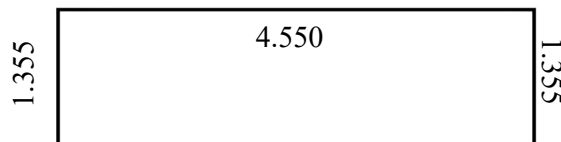
Panjang pondasi = 4.700 mm

Selimut beton = 75 mm

L = panjang pondasi – (selimut beton x 2)

$$= 4.700 - (75 \times 2)$$

$$= 4.550 \text{ mm}$$



Gambar 4.8 Bentuk tulangan P2

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (2015 - 75) / 100 + 1$$

$$N = 20,4 \approx 21 \text{ buah}$$

3. Tulangan X-3 (P3 dan P10) :

Panjang pondasi = 12.100 mm

Selimut beton = 75 mm

L = panjang pondasi – selimut beton

$$= 12.100 - 75$$

$$= 12.025 \text{ mm}$$

11.855

Gambar 4.9 Bentuk tulangan P3a

2.590

1.355

Gambar 4.10 Bentuk tulangan P3b

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 200 atau diameter 32 dengan jarak 200 mm, maka

$$N = (14.400 - 200 - 150) / 200 + 1$$

$$N = 71.25 \approx 72 \text{ buah}$$

4. Tulangan X-4 (P4) :

Panjang pondasi = 11.000 mm

Selimut beton = 75 mm

L = panjang pondasi – selimut beton

$$L = 11.000 - 75$$

$$L = 10.925 \text{ mm}$$

10.745

Gambar 4.11 Bentuk tulangan P4a

2630

1.355

Gambar 4.12 Bentuk tulangan P4b

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (14.400 - 200 - 150) / 200 + 1$$

$$N = 71.25 \approx 72 \text{ buah}$$

B. Tulangan arah y

1. Tulangan Y-1 (P5 dan P11) :

$$\text{Panjang pondasi} = 14.400 \text{ mm}$$

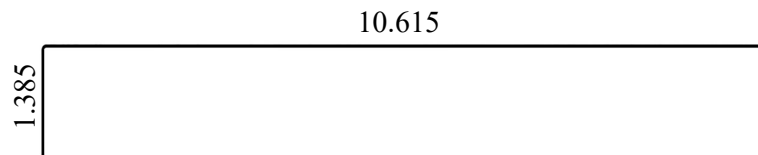
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L &= \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) \\ &= 14.400 - (75 \times 2) \\ &= 14.250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga untuk panjang P5a adalah

$$P5a = 12.000 - 1.385$$

$$P5a = 10.615 \text{ mm} < L = 14.250$$

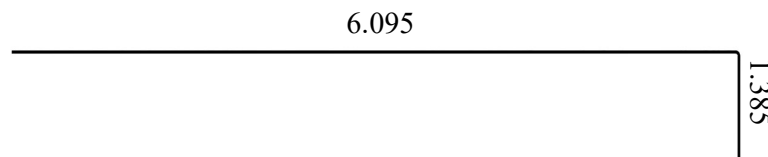


Gambar 4.13 Bentuk tulangan P5a

$$P5b = L - P4a + \text{Lapping}$$

$$P5b = 14.250 - 10.615 + 2.460$$

$$P5b = 6.095 \text{ mm}$$



Gambar 4.14 Bentuk tulangan P5b

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 200 atau diameter 32 dengan jarak 200 mm, maka

$$N = (14.400 - 200 - 150) / 200 + 1$$

$$N = 71.25 \approx 72 \text{ buah}$$

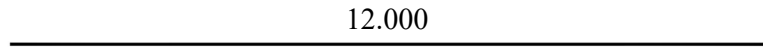
2. Tulangan Y-2 (P6 dan P12) :

$$\text{Panjang pondasi} = 14.400 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) \\
 &= 14.400 - (75 \times 2) \\
 &= 14.250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

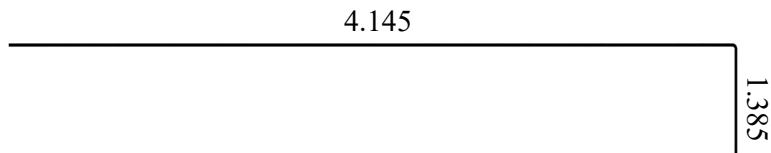
Karena Pemasangan panjang tulangan lewatan atau lapping (ls) yang tidak boleh segaris atau berada ditempat yang sama dan jika P6b = 12.000 mm, maka untuk menghitung tulsngnan P6 sebagai berikut :



Gambar 4.15 Bentuk tulangan P6b

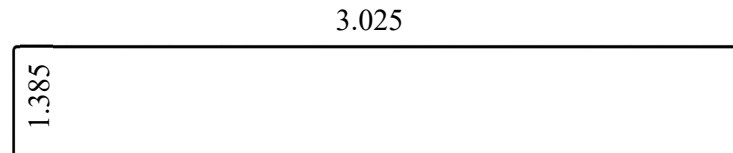
$$\begin{aligned}
 P6a &= 14.250 - 12.000 \\
 P6a &= 2.250 \times 0.75 \\
 P6a &= 1.687.5 \approx 1.685 \\
 P6a &= 1.685 + 2.460 \\
 P6a &= 4.145 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk bentuk P6a adalah



Gambar 4.16 Bentuk tulangan P6a

$$\begin{aligned}
 P6c &= 2.250 - 1685 \\
 P6c &= 565 \\
 P6c &= 565 + 2.460 \\
 P6c &= 3.025 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Bentuk tulangan P6c

Karna P5 dan P6 dipasang zig – zag. Sesuai dengan gambar untuk area yang panjangnya 22.100 mm dipasang tulangan D32-200

dan untuk area yang panjangnya 12.100 mm dipasang tulangan D32- 100, maka untuk jumlah P5 dan P6 adalah

$$N1 = (22.100 - 75) / 200$$

$$N1 = 110,125$$

$$N2 = (12.100 - 4700 - 75) / 100$$

$$N2 = 73,25$$

$$n = (N1 + N2) + 1$$

$$n = (110,125 + 73,25) + 1$$

$$n = 184,375 \approx 185$$

Sehingga banyak P5 adalah 93 buah dan P6 adalah 92 buah.

3. Tulangan Y-3 (P7 dan P13) :

$$\text{Panjang pondasi} = 16.410 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2)$$

$$L = 16.410 - (75 \times 2)$$

$$L = 16.265 \text{ mm}$$

$$\text{Jika } P7b = 12.000$$

$$12.000$$

Gambar 4.18 Bentuk tulangan P7b

$$P7a = 16.265 - 12.000$$

$$P7a = 4.265 - 200$$

$$P7a = 4.065 + 2.460$$

$$P7a = 6.525 \text{ mm}$$

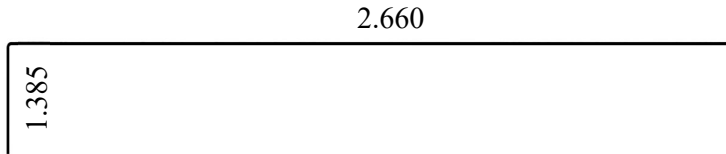
$$6.525$$

$$1.385$$

Gambar 4.19 Bentuk tulangan P7a

$$P7c = 200 + 2.460$$

$$P7c = 2.660$$

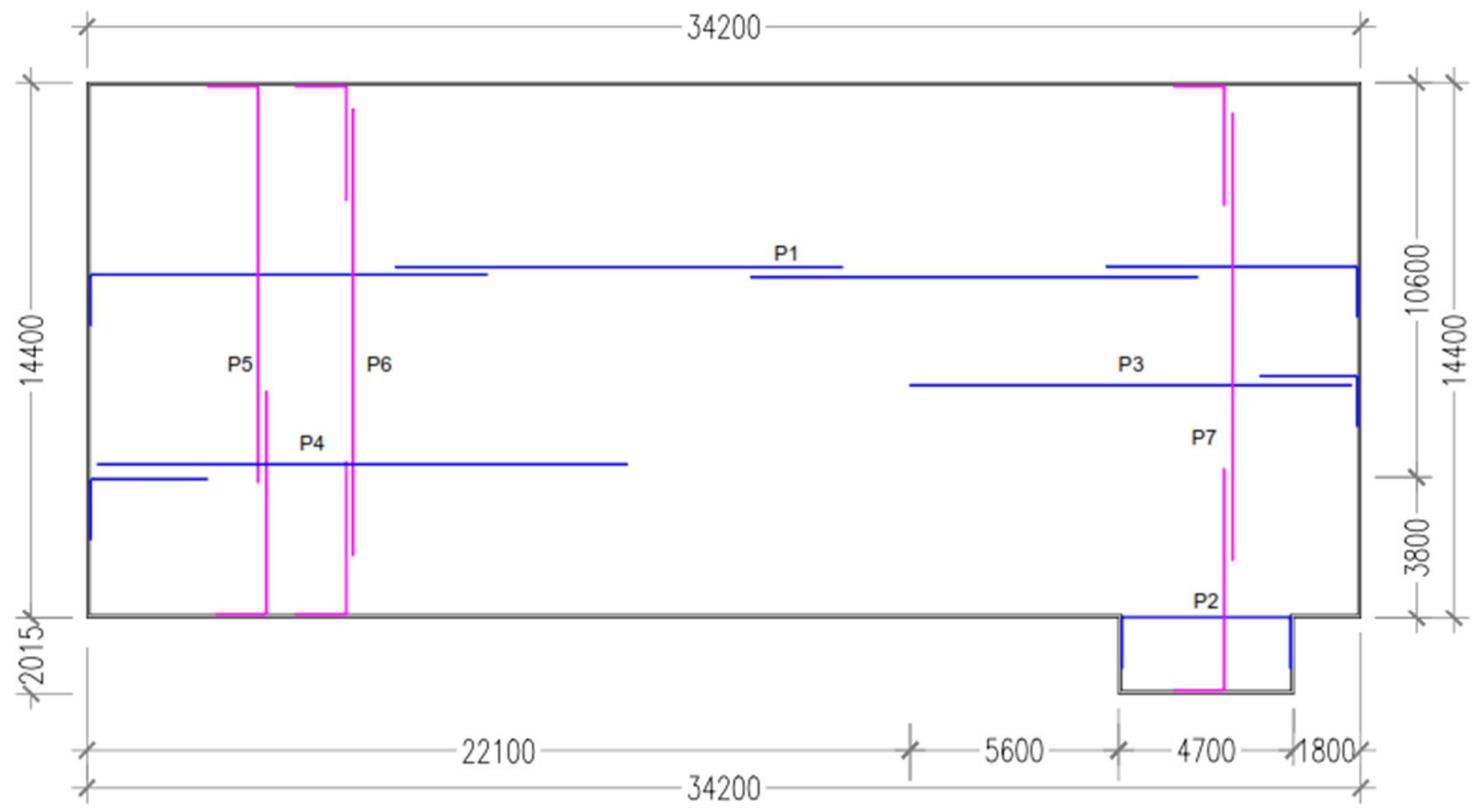


Gambar 4.20 Bentuk tulangan P7c

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (4.700 - 150) / 100 + 1$$

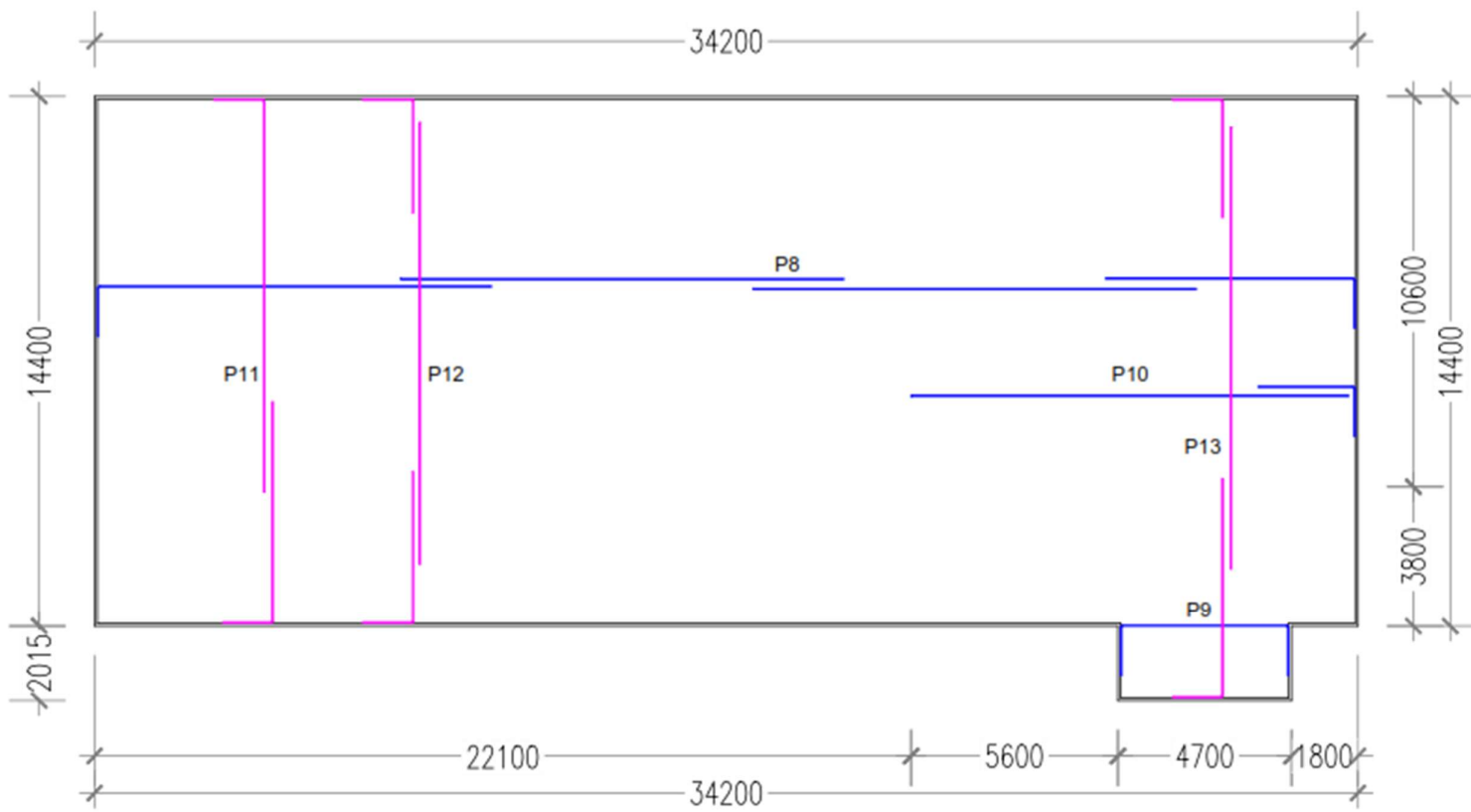
$$N = 46,5 \approx 47 \text{ buah.}$$



Gambar 4.21 Layout tulangan bawah (*bottom bar*)

Tabel 4.2 Rebar arrangement bottom bar

P1	D32	73	
P2	D32	21	
P3	D32	72	
P4	D32	72	
P5	D32	93	
P6	D32	92	
P7	D32	47	

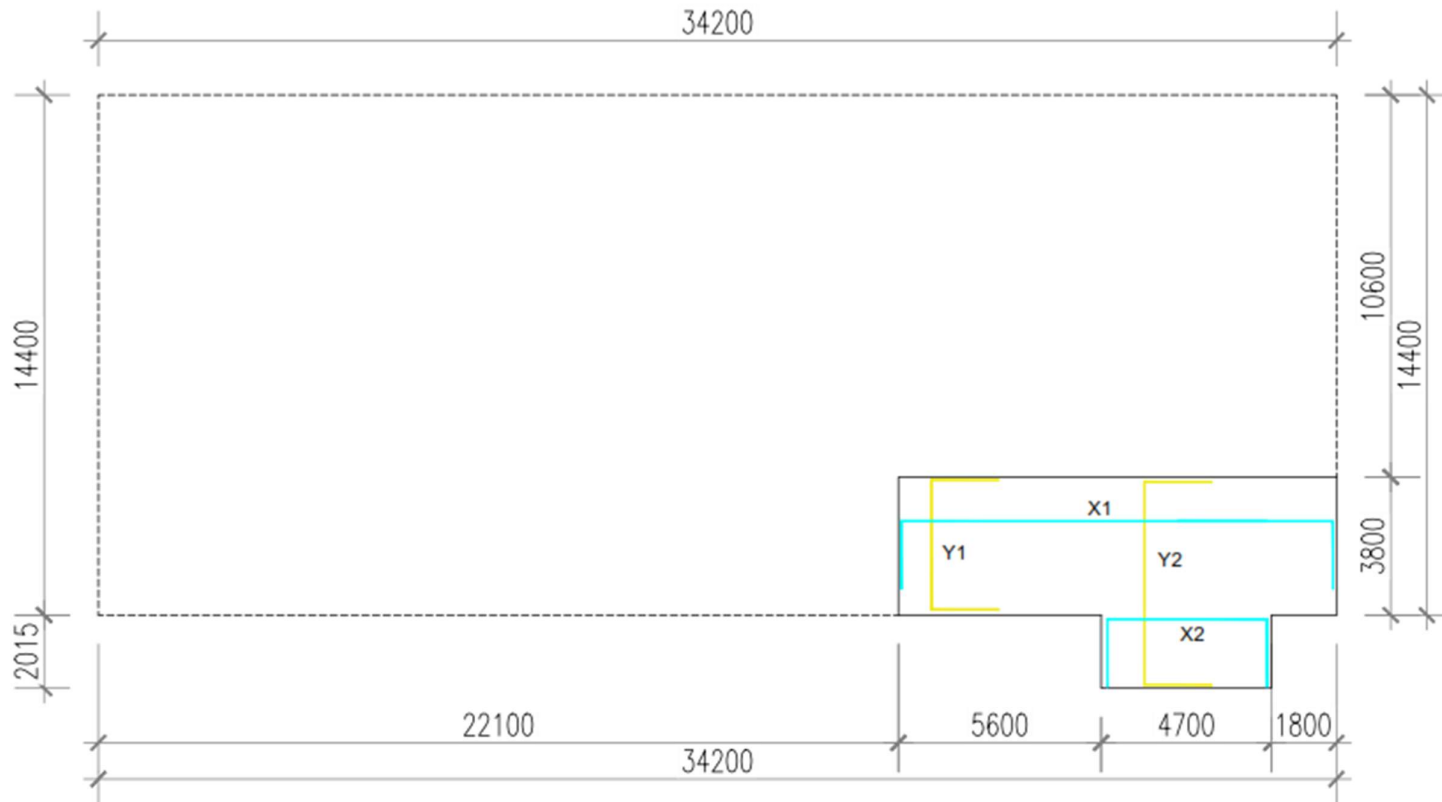


Gambar 4.22 Layout tulangan atas +3.75 m (*top bar el. +3.75 m*)

Tabel 4.3 Rebar arrangement top bar el. +3.75 m

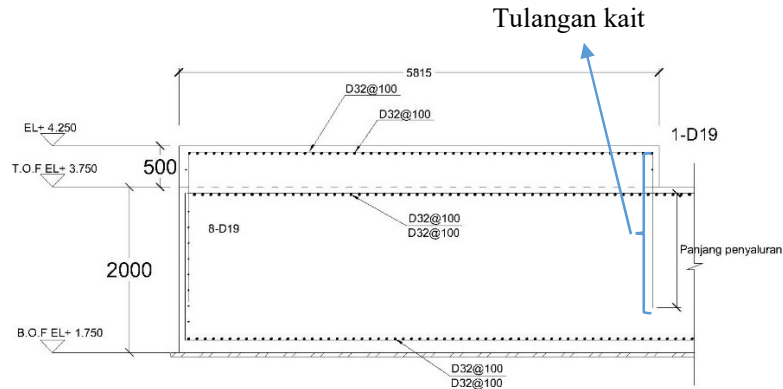
P8	D32	73	
P9	D32	21	
P10	D32	72	
P11	D32	92	
P12	D32	93	
P13	D32	47	

5. Tulangan atas elevasi +4.25 m (*top bar el. +4.25 m*)



Gambar 4.23 Layout kebutuhan tulangan atas elevasi +4.25

2. Tulangan atas elevasi + 4.25 m (*top bar* el. +4.25 m)



Gambar 4.24 Skema tulangan kait

Panjang tulang penyaluran sesuai dengan standard drawing adalah 1.455 mm. Sehingga rumus dari tulangan kaitnya adalah sebagai berikut.

Tul. Kait = (tebal pondasi - selimut beton atas) + panjang penyaluran

$$\text{Tul. Kait} = (500 - 75) + 1.455 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Kait} = 425 + 1.455$$

$$\text{Tul. Kait} = 1.880 \text{ mm.}$$

A. Tulangan arah x

1. Tulangan X-1 (P14) :

$$\text{Panjang pondasi} = 12.100 \text{ mm}$$

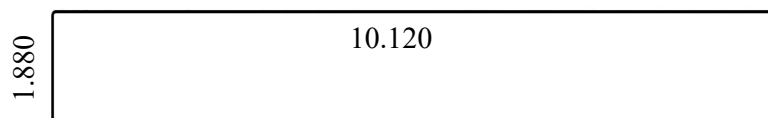
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) - \text{tulangan bawah} - \text{tulangan samping}$$

$$= 12.100 - (75 \times 2) - 32 - 19$$

$$= 11.899 \approx 11.895 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk Panjang P14a} = 12.000 - 1.880 = 10.120 \text{ mm}$$



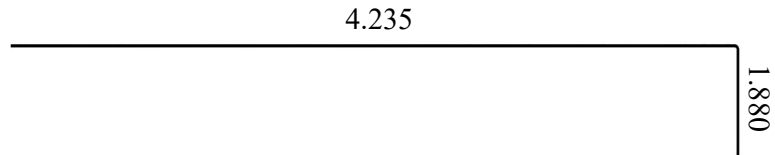
Gambar 4.25 Bentuk Tulangan P14a

$$P14b = L - P14a$$

$$P14b = 11.895 - 10.120$$

$$P14b = 1.775 + \text{Lapping}$$

$$P14b = 4.235$$



Gambar 4.26 Bentuk Tulangan P14b

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (3.800 - 150) / 100 + 1$$

$$N = 37,5 \approx 38 \text{ buah.}$$

2. Tulangan X-2 (P15) :

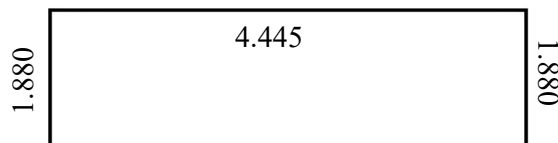
$$\text{Panjang pondasi} = 4.700 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) - (\text{tulangan bawah} \times 2) - (\text{tulangan samping} \times 2)$$

$$= 4.700 - (75 \times 2) - (32 \times 2) - (19 \times 2)$$

$$= 4.448 \approx 4.445 \text{ mm}$$



Gambar 4.27 Bentuk tulangan P15

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (2015 - 75) / 100 + 1$$

$$N = 20,4 \approx 21 \text{ buah.}$$

B. Tulangan arah y

1. Tulangan Y-1 (P16) :

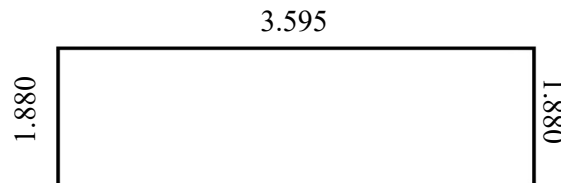
$$\text{Panjang pondasi} = 3.800 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) - \text{tulangan bawah} - \text{tulangan samping}$$

$$= 3.800 - (75 \times 2) - 32 - 19$$

$$= 3.599 \approx 3.595 \text{ mm}$$



Gambar 4.28 Bentuk tulangan P16

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka

$$N = (12.100 - 4700 - (75 \times 2)) / 100 + 1$$

$$N = 73,5 \approx 74 \text{ buah.}$$

2. Tulangan Y-2 (P17) :

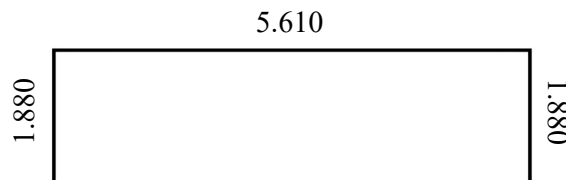
$$\text{Panjang pondasi} = 5.815 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$L = \text{panjang pondasi} - (\text{selimut beton} \times 2) - \text{tulangan bawah} - \text{tulangan samping}$$

$$= 5.815 - (75 \times 2) - 32 - 19$$

$$= 5.614 \approx 5.610 \text{ mm}$$

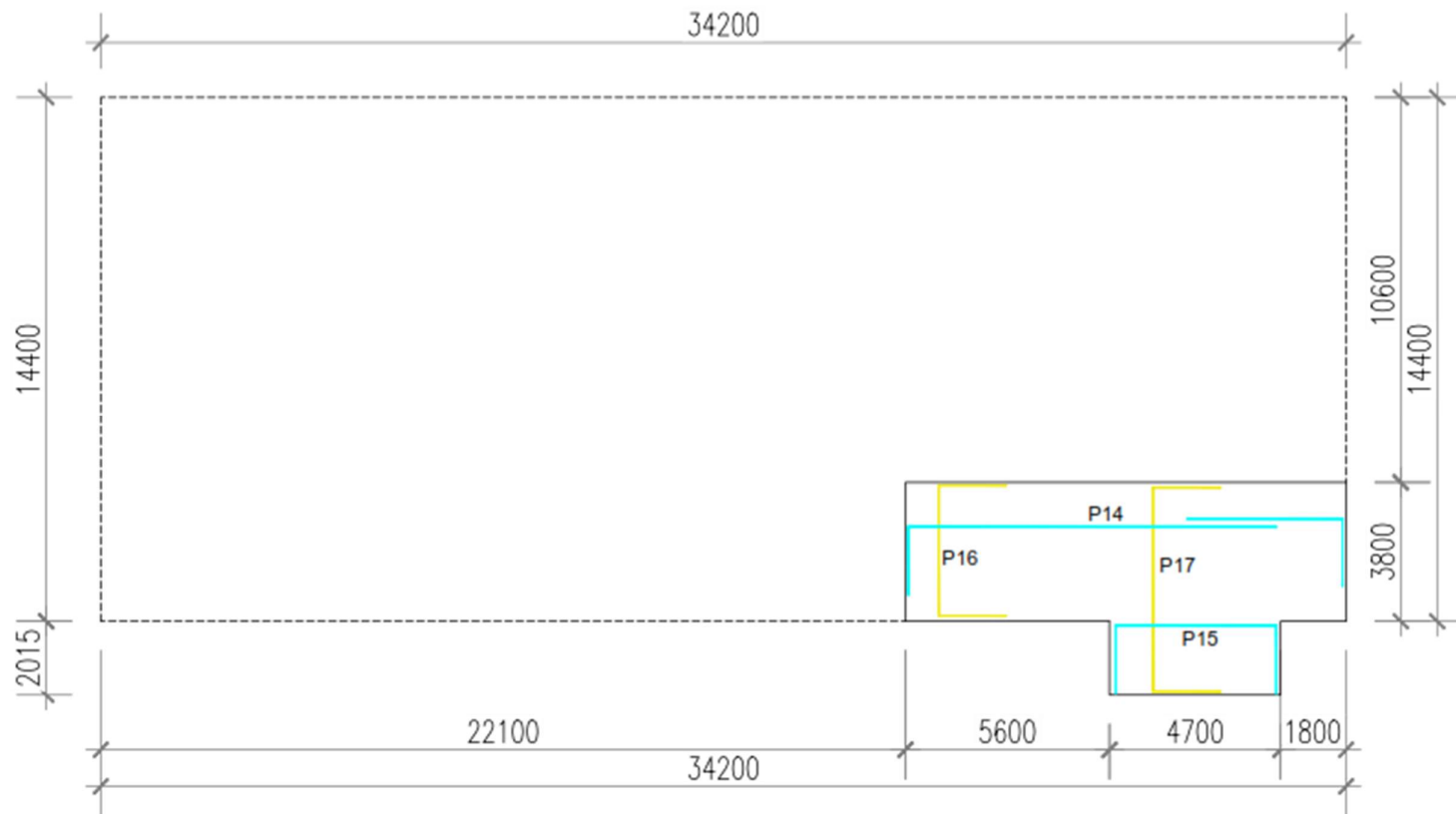


Gambar 4.29 Bentuk tulangan P17

Untuk Jumlah rebar sesuai gambar, yaitu D32 – 100 atau diameter 32 dengan jarak 100 mm, maka





$$N = (4700 - (75 \times 2)) / 100 + 1$$

$$N = 46.5 \approx 47 \text{ buah.}$$



Gambar 4.30 Layout tulangan atas elevasi +4.25 m

Tabel 4.4 Rebar arrangement top bar el. +4.25m

P14	D32	38	
P15	D32	20	
P16	D32	74	
P17	D32	47	

3. *Side web bar*

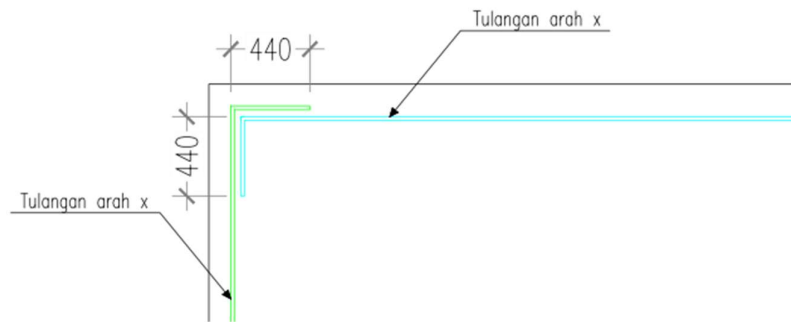
Tulangan arah x

1. Tulangan X1 untuk elevasi +3,75 = diameter 19, sebanyak 8 buah
2. Tulangan X2 untuk elevasi +4,25 = diameter 19, sebanyak 1 buah

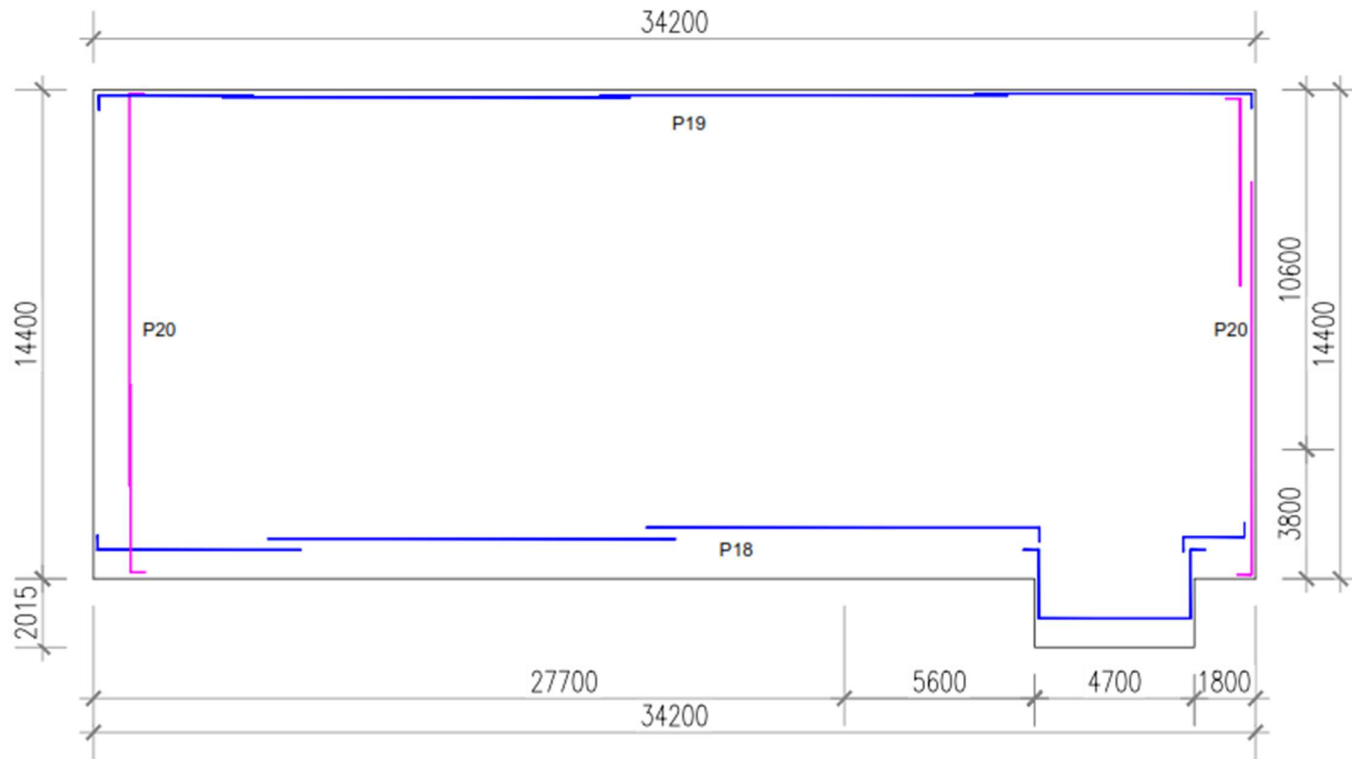
Tulangan arah y

1. Tulangan Y1 untuk elevasi +3,75 = diameter 19, sebanyak 8 buah
2. Tulangan Y2 untuk elevasi +4,25 = diameter 19, sebanyak 1 buah

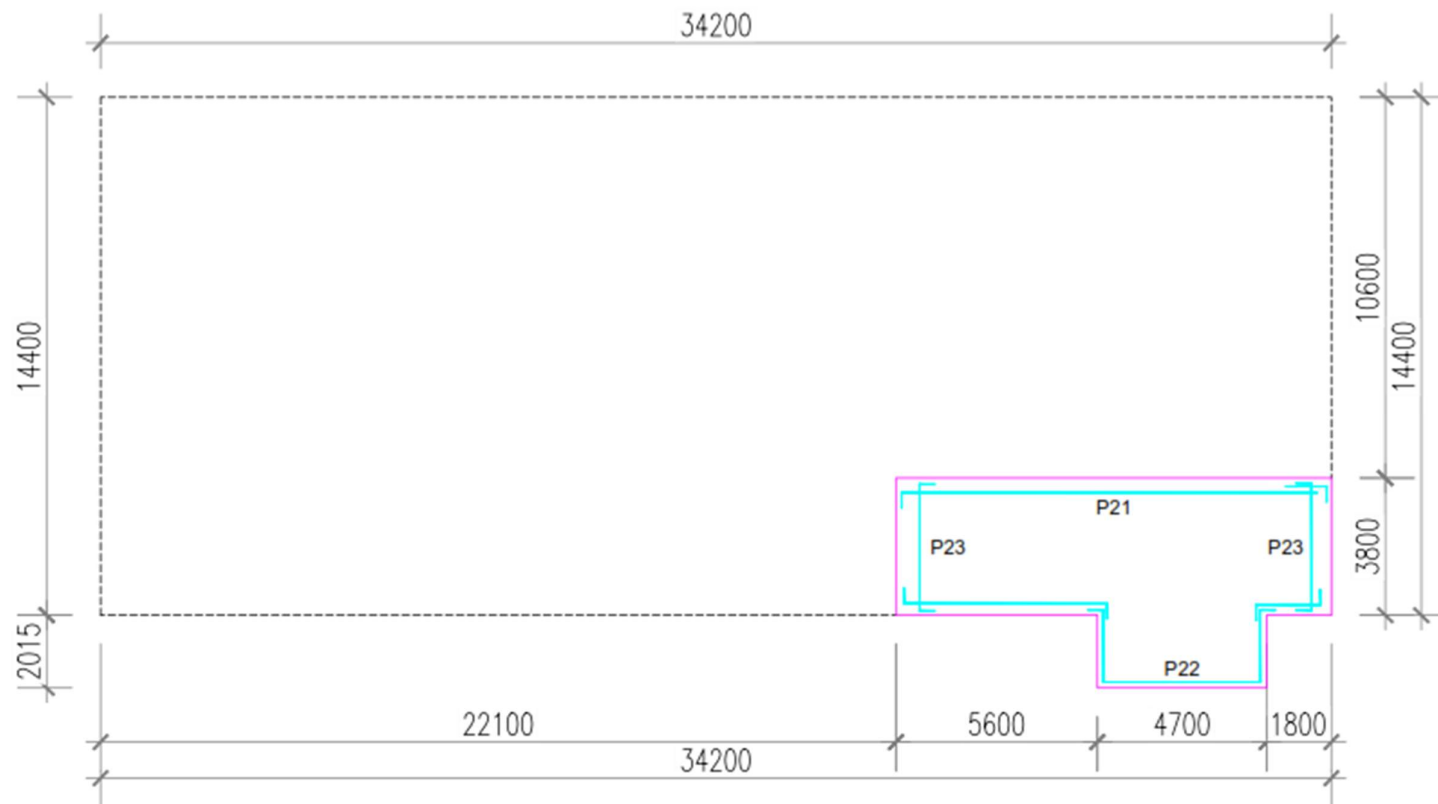
Untuk lapping besi diameter 19 sesuai dengan standard drawing adalah 880 mm, Sedangkan untuk tulangan kaitnya adalah $880/2$ sama dengan 440 mm.



Gambar 4.31 Skema tulangan kait pada *side bar*



Gambar 4.32 Layout tulangan samping elevasi +3.75 m (*side bar el. +3.75 m*)



Gambar 4.33 Layout tulangan samping elevasi +4.25 m (*side bar el. +4.25 m*)

Tabel 4.5 Rebar arrangement side bar

P18	D19	8	
P19	D19	8	
P20	D19	16	
P21	D19	1	
P23	D19	1	
P23	D19	2	

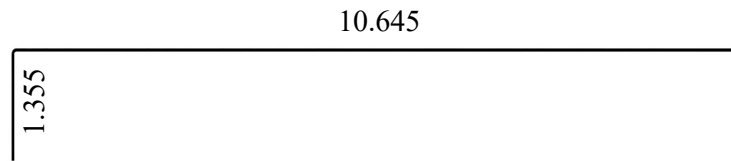
Setelah mendapatkan bentuk dan panjang dari semua tulangan pilecap F4, maka tahap selanjutnya adalah mencari berat dari masing – masing tulangan. Untuk rumus mencari berat tulangan adalah

$$W = \text{panjang tulangan} \times \text{berat tulangan kg / m}$$

Sedangkan untuk mencari berat total adalah

$$W_{total} = \text{berat} \times \text{jumlah tulangan}$$

Contoh perhitungannya adalah



Gambar 4.34 Bentuk tulangan P1a

$$W = \text{panjang tulangan} \times \text{berat tulangan kg / m}$$

$$W = (1.355 \text{ mm} + 10.645 \text{ mm}) \times 6,31 \text{ kg / m}$$

$$W = (12.000/1000) \times 6,31 \text{ kg / m}$$

$$W = 12 \text{ m} \times 6,31 \text{ kg / m}$$

$$W = 75,72 \text{ kg}$$

Untuk mencari berat total maka,

$$W_{total} = \text{berat} \times \text{jumlah tulangan}$$

$$W_{total} = 75,72 \times 73$$

$$W_{total} = 5.527,26 \text{ kg atau } 5,527 \text{ ton}$$

Untuk perhitungan berat tulangan lain akan dicantumkan dalam table berikut.

Tabel *bar bending schedule* metode konvensional terlampir pada lampiran 3

4.2.2 BBS Metode BIM

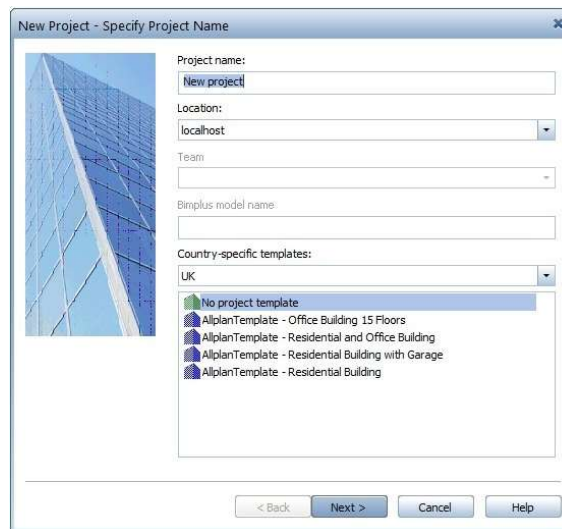
Penggunaan BIM dalam penelitian ini ditujukan untuk mengetahui hasil *bar bending schedule* sesuai dengan *standard drawing* yang berlaku. Pemodelan pada penelitian ini menggunakan *software* Allplan. Tahapan-tahapan dalam pemodelan 3D sebagai berikut :

1. Membuka aplikasi allplan

Saat membuka *software* Allplan akan muncul tampilan bawaan. Tampilan bawaan akan muncul seperti gambar berikut. Kemudian pilih New dan tuliskan nama Project yang diinginkan



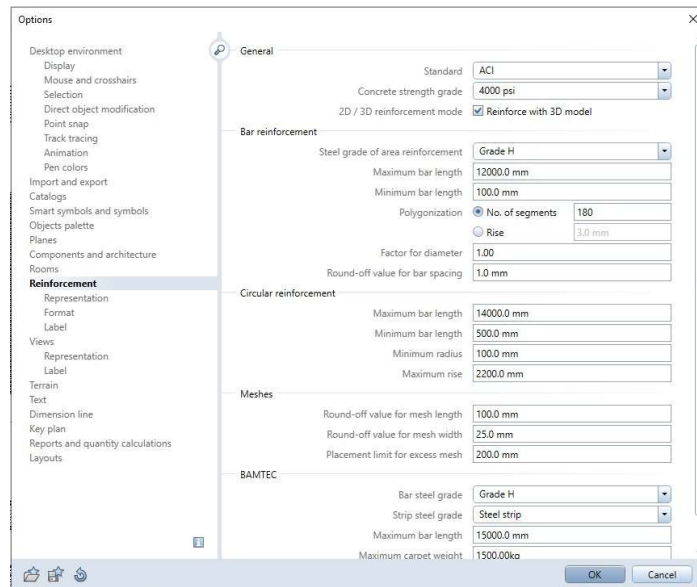
Gambar 4.35 Project template Allplan



Gambar 4.36 Tampilan menu *new project*

2. Melakukan *default setting*

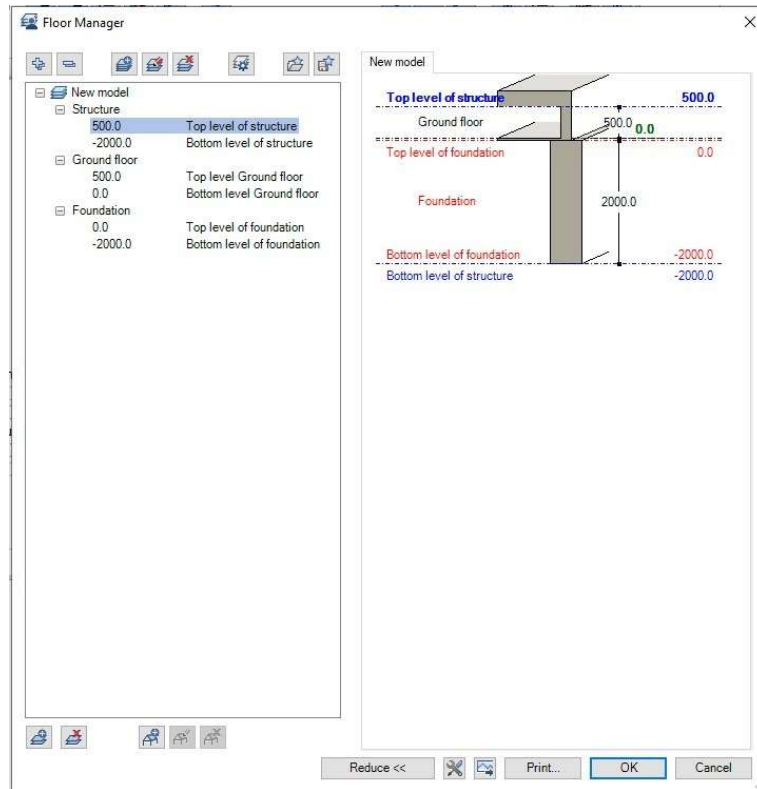
Toolbar default setting pada *working area* terletak diatas, kemudian pilih *options* dan pilih menu *reinforcement*. Dalam menu *reinforcement*, ada beberapa *options* yang harus diatur seperti standar yang dipakai dan maksimum panjang besi yang digunakan. Standar yang dipakai disini adalah standar ACI.



Gambar 4.37 Menu *default setting reinforcement* pada Allplan

3. Melakukan pengaturan elevasi

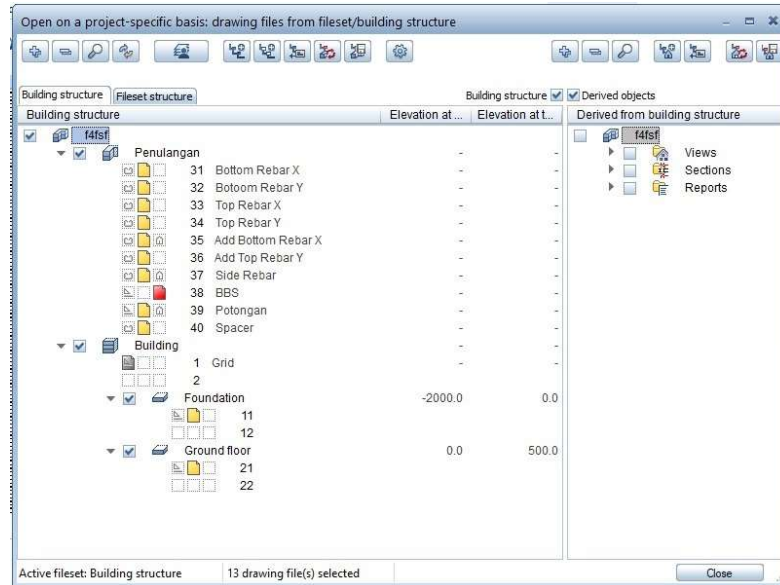
Pengaturan elevasi diperlukan sebagai acuan untuk mempermudah pada saat pembuatan struktur pilecap. Prosesnya dimulai membuka *floor manager*. Dalam *floor manager*, elevasi lantai diatur berdasarkan *design drawing*. Elevation foundation terdiri dari bottom elevation -2.00 dan top elevation +0.00 sedangkan elevation ground floor terdiri dari bottom elevation +0.00 dan top elevation +0.5.



Gambar 4.38 *Floor manager* pada Allplan

4. Membuat *layer*

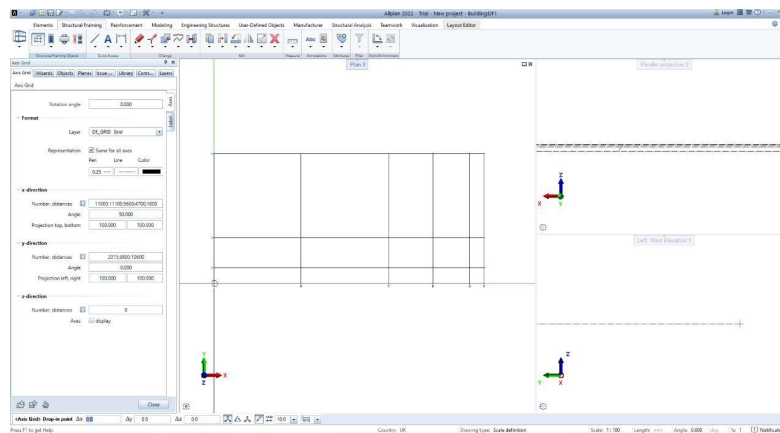
Layer berfungsi untuk pembeda antar komponen yang diperlukan dalam modeling allplan. Pembuatan *layer* untuk mempermudah dalam pemodelan 3D sesuai dengan komponen yang akan dikerjakan. Untuk membuka menu *layer* dilakukan dengan klik 2 kali pada area kerja dalam *software* Allplan.



Gambar 4.39 Menu *layer* pada Allplan

5. Membuat grid

Pembuatan grid digunakan sebagai garis acuan dalam pemodelan dan mempermudah penempatan komponen pilecap ke dalam model 2D. Menu axis grid terletak di toolbar *structural framing*. Untuk mengatur grid pilih *menu axis grid*. Kemudian mengisi jarak pada arah x,y dan z sesuai dengan *design drawing*.

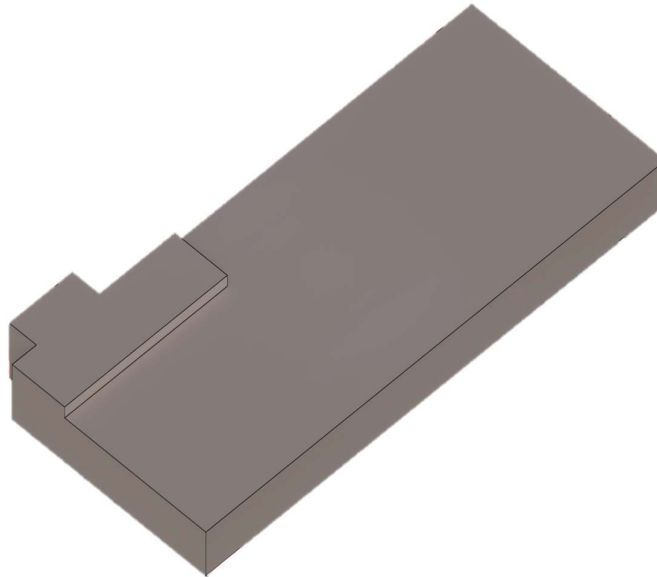


Gambar 4.40 Menu *grid* pada Allplan

6. Pemodelan pilecap

Pemodelan pilecap mengacu pada *design drawing*. Pemodelan dilakukan dengan memilih *toolbar elements* kemudian memilih

menu *slab foundation*. Selanjutnya tempatkan pilecap sesuai dengan *axis grid* yang sudah dibuat. Pemodelan struktur pilecap dengan 2 langkah karena dalam objek pengujian terdapat struktur pilecap yang terjadi penambahan tinggi 500 mm.



Gambar 4.41 Tampilan 3D pilecap

7. Penulangan pilecap

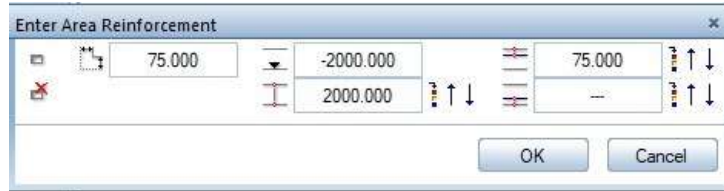
Dalam penelitian ini, terdapat 2 cara penulangan dalam software allplan sebagai berikut :

a. Standar Allplan

Penulangan dengan cara standar ini dilakukan berdasarkan *area reinforcement* dan kemudian tulangan akan otomatis membentuk *lapping* sesuai dengan peraturan yang digunakan dan diatur sebelumnya. Acuan penulangan disesuaikan dengan standar *American Concrete Institute (ACI)*. Pemodelan tulangan pilecap dilakukan berdasarkan gambar denah 2D selanjutnya memasukkan concrete cover sebesar 75 mm.



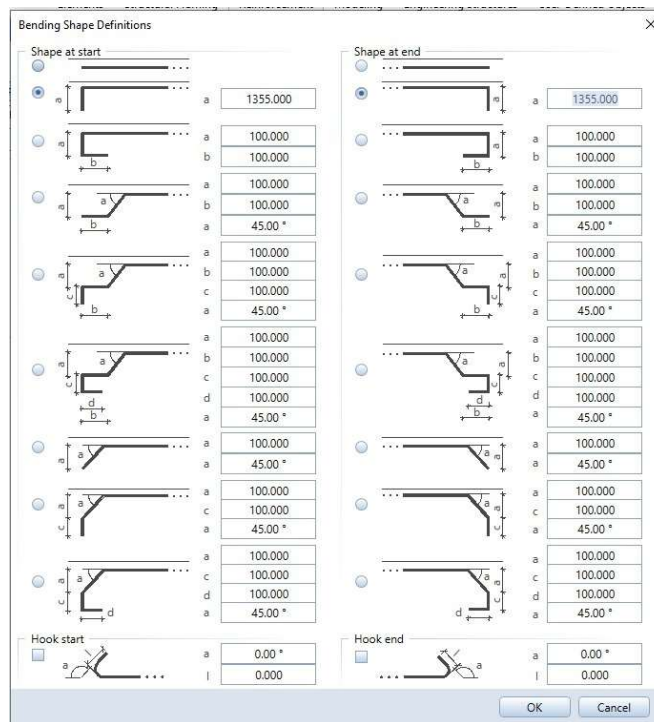
Gambar 4.42 Tampilan toolbar reinforcement



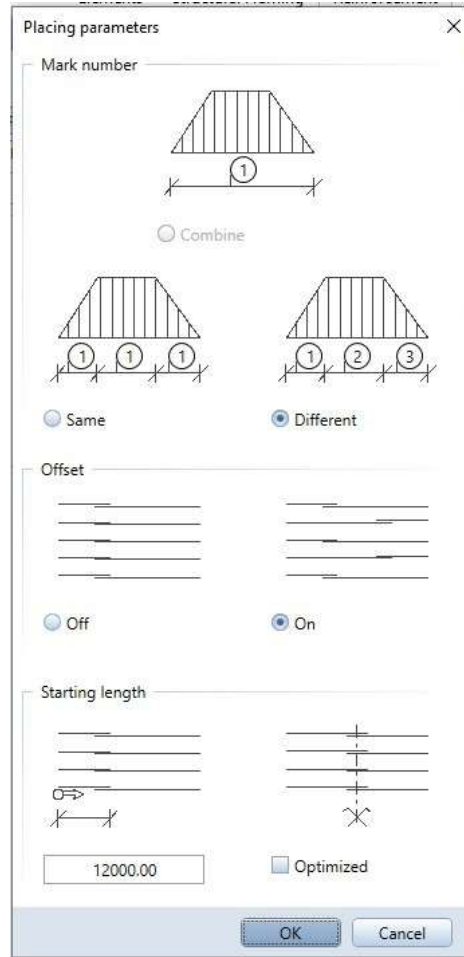
Gambar 4.43 Pengaturan *concrete cover*



Gambar 4.44 Pengaturan *area reinforcement*



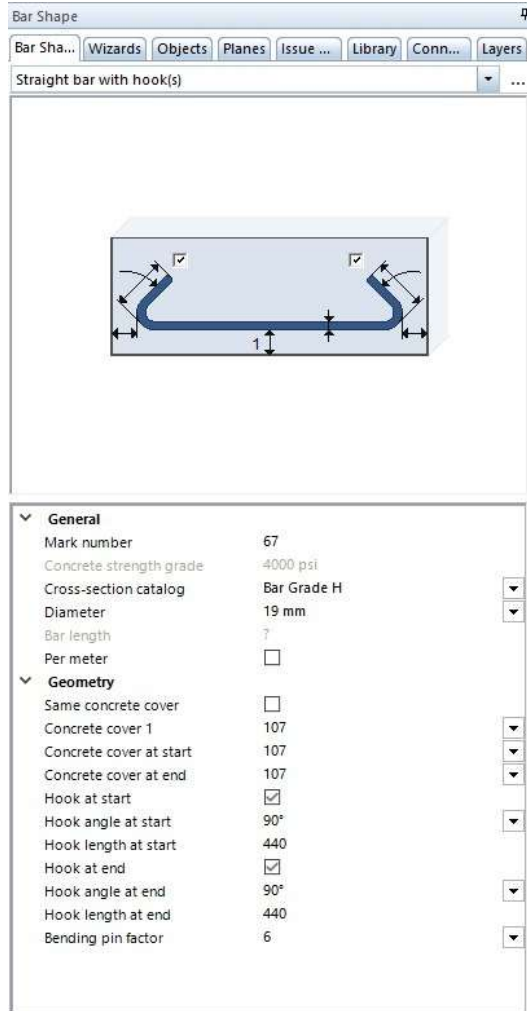
Gambar 4.45 Pengaturan tulangan kait



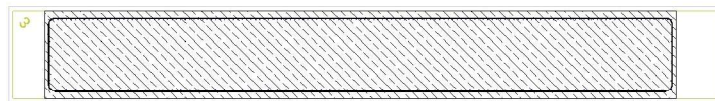
Gambar 4.46 Pengaturan perletakan besi

b. Cara Custom

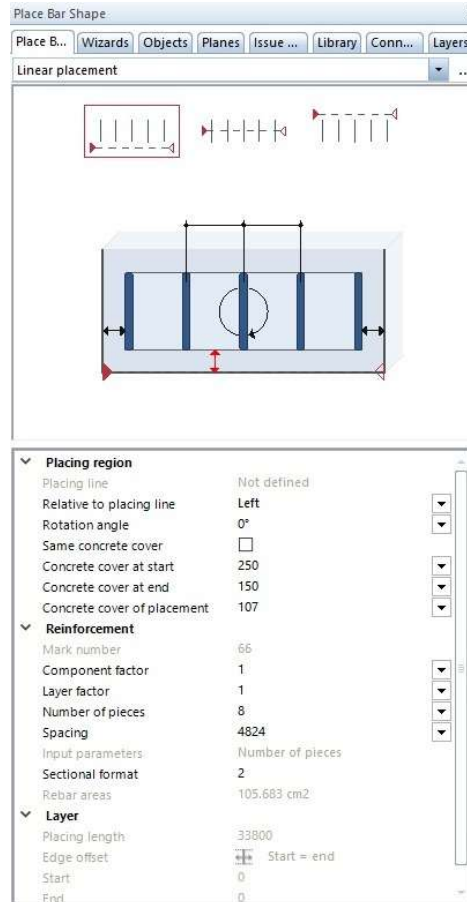
Penulangan dengan cara *custom* dilakukan dengan acuan *rebar arrangement* yang sudah dibuat sebelumnya, Pemodelan ini dilakukan pada gambar potongan dengan memasukan dimensi sesuai dengan *rebar arrangement* dan *design drawing*.



Gambar 4.47 Pengaturan bentuk besi



Gambar 4.48 Pembuatan custom besi pada potongan



Gambar 4.49 Pengaturan penempatan besi

8. Penampilan hasil penulangan (BBS)

Output dari *software* allplan termasuk dalam tingkatan BIM 5D yang berupa *cutting list* penulangan dan *bar bending schedule*. Output tersebut dapat dimunculkan selama proses pemodelan tulangan. Untuk memunculkan bar bending schedule adalah pilih pada *toolbar reinforcement*, dan aktifkan fungsi *reinforcing bar legend*. *Bar bending schedule* akan muncul sesuai dengan pemodelan tulangan yang dibuat.

Bar schedule - bending shapes

Mark	Pcs	∅ [mm]	Single length [m]	Dimensioned bending shape (not to scale)	Total length [m]	Mass [kg]
1	72	32	11.93		858.60	5420.34
2	72	32	12.00		864.00	5454.43
3	72	32	12.00		864.00	5454.43
4	72	32	8.05		579.60	3659.01
5	20	32	7.08		141.50	893.29
6	71	32	3.90		276.90	1748.07
7	71	32	10.75		763.25	4818.40
8	71	32	11.90		844.90	5333.85
9	71	32	3.85		273.35	1725.66

Gambar 4.50 Hasil BBS dari Allplan

Untuk output yang didapatkan dalam pemodelan software allplan berupa tabel bar bending schedule yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel *bar bending schedule* Allplan *standar* terlampir pada lampiran 4

Tabel *bar bending schedule* allplan *custom* terlampir pada lampiran 5

4.3 Perbandingan BBS Konvensional dengan BBS BIM

Dari perhitungan yang telah dilakukan, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persentase selisih antara perhitungan metode konvensional dan metode BIM yang menggunakan *software* Allplan. Dari kedua metode yang digunakan dilakukan perbandingan hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk tabel. Tabel rekapitulasi dibuat berdasarkan area tulangan dan arah tulangan. Tabel tersebut memuat informasi berupa total berat tulangan dan satuan antara

perhitungan konvensional dan perhitungan dengan *software* Allplan. Rumus menghitung persentase perhitungan konvensional dan perhitungan BIM *software* Allplan.

$$Persentase = \frac{Konvensional - BIM}{Konvensional} \times 100\%$$

Sumber : (Suwarni & Anondho, 2021)

4.3.1 Perbandingan perhitungan konvensional dan Allplan Standard

Allplan *standard* adalah pemodelan tulangan Allplan yang dibuat otomatis pada *software* Allplan itu sendiri. Penulis mengatur jarak tulangan dan *lapping* tulangan. Untuk pemodelan tulangan Allplan Standard, penulis membagi berdasarkan *area reinforcement*.

Pada tabel 4.6 berisi rekapitulasi berat berdasarkan area tulangan dan arah tulangan.

Tabel 4.6 Rekapitulasi perbandingan BBS konvensional dengan BBS allplan standard

Area	Arah	Konvensional	Allplan Standar	satuan
Bottom Bar	Bottom X	35.205,51	35.125,88	kg
	Bottom Y	31.272,39	30.154,20	kg
Top Bar EL + 3.75	Top X	28.499,75	27.639,92	kg
	Top Y	31.287,91	30.390,15	kg
Top Bar EL + 4.25	Top X	5.430,20	5.200,18	kg
	Top Y	6.213,20	5.932,96	kg
Side bar	Side Bar	2.085,96	1.990,82	kg
Total		139.994,92	136.434,11	kg

$$Persentase = \frac{Konvensional - BIM}{Konvensional} \times 100\%$$

$$Persentase = \frac{139.994,92 - 136.434,11}{139.994,92} \times 100\%$$

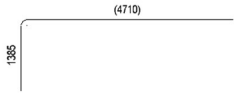
$$Persentase = 2,54\%$$

Dari tabel diatas terlihat bahwa antara perhitungan konvensional dan perhitungan *software* Allplan Standard terdapat selisih sebesar

2,54% atau sebesar 3.560,81 kg. Persentase total kebutuhan tulangan dengan perhitungan konvensional lebih besar dibandingkan perhitungan *software* Allplan Standard. Jika ditelaah lebih lanjut terdapat beberapa hal yang menyebabkan perhitungan *software* Allplan Standard lebih kecil dibandingkan perhitungan konvensional. Penyebab-penyebab perhitungan Allplan Standard memiliki hasil yang berbeda dibanding perhitungan konvensional sebagai berikut :

1. Kesalahan perhitungan panjang pada software allplan

Bar schedule - bending shapes

Mark	Pcs	∅ [mm]	Single length [m]	Dimensioned bending shape (not to scale)	Total length [m]	Mass [kg]
17	23	32	6.00		138.00	871.19

Gambar 4.51 BBS Allplan

Pada gambar diatas panjang total tulangan adalah 6 m. Namun jika dilihat dari bentuk tulangannya, panjang total tulangan adalah 6,095 m (1.385 m + 4.710 m). Hal ini menyebabkan total berat tulangan berkurang sebesar 1,6% dari berat aslinya. Angka tersebut terlihat kecil tetapi, jika terjadi banyak kesalahan pada software akan terjadi perbedaan yang cukup besar pada berat total tulangan.

2. Letak *lapping* dan jumlah *lapping* berbeda

Pengaturan *lapping* pengaturan awal membuat letak *lapping* dan jumlah *lapping* yang berbeda. Syarat *lapping* yang tidak boleh sejajar membuat pengaturan pada Allplan menjadikan satu area tulangan menjadi dua jenis *lapping* yang berbeda.

Mark	Pcs	Ø [mm]	Single length [m]	Dimensioned bending shape (not to scale)	Total length [m]	Mass [kg]
1	36	32	12.00		432.00	2727.22
2	36	32	12.00		432.00	2727.22
3	36	32	12.00		432.00	2727.22
5	36	32	6.00		216.00	1363.61
6	36	32	7.95		286.20	1806.78
7	36	32	12.00		432.00	2727.22
8	36	32	12.00		432.00	2727.22
9	36	32	12.00		432.00	2727.22
10	36	32	4.42		159.30	1005.66

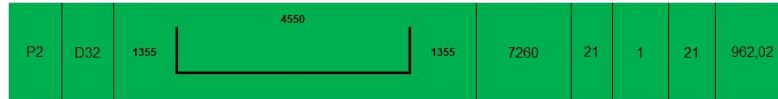
Gambar 4.52 BBS Allplan

Gambar diatas adalah tulangan bawah arah x memanjang yang didapatkan dari *software* Allplan. Tulangan tersebut sama dengan tulangan P1 dalam perhitungan konvensional. Tulangan *mark* 1 hingga 6 merupakan satu rangkaian dan tulangan *mark* 7 hingga 10 merupakan satu rangkaian. *Software* Allplan membuat dua jenis lapping yang berbeda pada satu area tulangan, sedangkan pada perhitungan konvensional hanya satu jenis lapping.

3. Jumlah tulangan yang berbeda

11	20 Legend Layer = DEFAULT	32	7.08		141.50	893.29
----	---------------------------------	----	------	--	--------	--------

Gambar 4.53 BBS Allplan standard



Gambar 4.54 BBS konvensional

Software Allplan mampu menyesuaikan jumlah tulangan dengan panjang area tulangannya. Jumlah tulangan pada perhitungan konvensional dihitung menggunakan rumus, dan jika hasilnya berupa bilangan desimal maka dilakukan pembulatan ke atas. Hal tersebut yang menjadi penyebab perbedaan jumlah tulangan antara perhitungan konvensional dan perhitungan software Allplan.

4.3.2 Perbandingan perhitungan konvensional dan Allplan Custom

Allplan Custom adalah pemodelan tulangan Allplan yang dibuat dengan mengikuti *rebar arrangement* perhitungan konvensional. Dengan mengikuti penulangan konvensional, peneliti bisa mendapatkan letak perbedaan perhitungan konvensional dan perhitungan dengan software Allplan dengan lebih jelas.

Tabel 4.7 Rekapitulasi perbandingan BBS konvensional dengan BBS Allplan Custom

Area	Arah	Konvensional	Allplan Custom	satuan
Bottom Bar	Bottom X	35.205,51	34.507,48	Kg
	Bottom Y	31.272,39	31.157,96	Kg
Top Bar EL + 3.75	Top X	28.499,75	27.941,01	Kg
	Top Y	31.287,91	30.622,15	Kg
Top Bar EL + 4.25	Top X	5.430,20	5.206,02	Kg
	Top Y	6.213,20	6.023,78	Kg
Side bar	Side Bar	2.085,96	2.071,99	Kg
Total		139.994,92	137.530,39	Kg

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Konvensional} - \text{BIM}}{\text{Konvensional}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{139.994,92 - 137.530,39}{139.994,92} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = 1,76\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan selisih antara perhitungan konvensional dan perhitungan software Allplan Costum selisih sebesar 1,76% atau sebesar 2.464,53 kg. Perhitungan dengan software Allplan Costum lebih kecil dari perhitungan konvensional. Penyebab-penyebab perhitungan *software* Allplan memiliki hasil yang berbeda dari perhitungan konvensional adalah sebagai berikut :

1. Jumlah tulangan

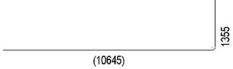
Tabel 4.8 Rekapitulasi jumlah tulangan antara BBS konvensional dan BBS allplan custom

Bar Mark	Konvensional	Allplan
P1	73	72
P2	21	20
P3	72	71
P4	72	71
P5	93	75
P6	92	110
P7	47	46
P8	73	72
P9	21	20
P10	72	71
P11	92	110
P12	93	75
P13	47	46
P14	38	37
P15	21	20
P16	74	74
P17	47	47
P18	8	8
P19	8	8
P20	16	16
P21	1	1
P22	1	1
P23	2	2

Untuk jumlah tulangan perhitungan konvensional lebih banyak dibanding dengan hasil dari *software* Allplan. Penyebab jumlah tulangan yang berbeda adalah karena pada perhitungan konvensional menggunakan rumus yang selalu sama, dan jika hasilnya bilangan desimal selalu dilakukan pembulatan ke atas. Sedangkan dari *software Allplan* jumlah tulangan akan

menyesuaikan sendiri jumlah tulangnya sesuai dengan lebar daerah tulangnya.

2. Kesalahan perhitungan panjang pada *software* allplan

Mark	Pcs	∅ [mm]	Single length [m]	Dimensioned bending shape (not to scale)	Total length [m]	Mass [kg]
1	72	32	11.93		858.60	5420.34

Gambar 4.55 BBS Allplan

Terlihat pada gambar diatas panjang total tulangan adalah 11,93 m. Namun jika dilihat dari bentuk tulangnya, panjang total tulangan adalah 12 m (10,645 m + 1.355 m). Hal ini menyebabkan total berat tulangan berkurang sebesar 0,5% dari berat aslinya. Angka tersebut terlihat kecil tetapi, jika terjadi banyak kesalahan pada *software* akan terjadi perbedaan yang cukup besar pada berat total tulangan.

4.4 Kelebihan dan Kelemahan

Dari penelitian ini, penulis mendapati ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari perhitungan metode konvensional dan metode BIM. Kelebihan dan kekurangan tersebut penulis didapatkan saat melakukan penelitian perhitungan metode konvensional dan metode BIM.

- Penamaan tulangan

Dalam penamaan nama tulangan pada metode konvensional pembuat bisa memberikan nama sesuai dengan keinginannya. Penamaan bisa didasari dengan huruf, angka atau gabungan keduanya. Jika dalam satu rangkaian tulangan ada 2 atau lebih tulangan, maka dapat ditambahkan keterangan lagi untuk mempermudah penyebutan. Sedangkan dalam metode BIM, penamaan dilakukan sesuai dengan pengeturan BIM itu sendiri. Pembuat tidak bisa mengubah nama tulangan sesuai keinginannya, sehingga lebih sulit untuk mengenali tulangan dalam rangkaian sama. Dalam metode BIM banyak tulangan yang bentuk dan

panjangnya sama dalam satu rangkaian namun dalam penamaannya terpisah satu sama lain

- Pembuatan bentuk dan panjang tulangan
Pembuatan bentuk tulangan dalam metode konvensional dapat menyesuaikan keinginan pembuatnya, termasuk juga panjang tulangan dan panjang kait. Pada metode BIM modeling tulangan dapat menyesuaikan keinginan pembuatnya, mulai dari bentuk tulangan, panjang tulangan, dan panjang kait. Baik dalam metode konvensional maupun metode BIM bisa menyesuaikan kebutuhan si pembuat.
- *Lapping* tulangan bisa sesuai keinginan pembuat
Pada pembuatan *lapping* tulangan pada metode konvensional, pembuat bisa membuat letak dan panjang *lapping* sesuai keinginan. Pada metode BIM pembuat juga bisa membuat tulangan sesuai dengan keinginan, bahkan bisa membuat secara otomatis membuat 2 jenis rangkaian tulangan dengan letak dan jumlah *lapping* yang berbeda pada satu area tulangan.
- Ketelitian
Pada perhitungan metode konvensional kesalahan pada manusia tidak dapat dihindari atau *human error*, sehingga pembuat harus memeriksa dengan detail berulang kali. Tujuannya perhitungan yang sudah dikerjakan terhindar dari kesalahan. Hal ini tidak jauh berbeda dengan metode BIM, pada metode BIM ditemukan kesalahan pengukuran pada panjang tulangan. Hal ini berpengaruh terhadap hasil akhir berat tulangan itu sendiri.
- Hasil
Pada metode BIM, hasil berat total tulangan langsung muncul setelah selesai melakukan pemodelan. Hasil muncul dalam bentuk *bar bending schedule*. Sedangkan pada metode konvensional, saat sudah selesai melakukan perhitungan dan pembuatan sketsa rangkaian pada *software* Autocad, maka harus diolah lagi dengan

menggunakan *software* Microsoft Excel agar bisa mendapatkan berat dari tulangan dalam bentuk *bar bending schedule*.

- Tampilan

Pada metode konvensional tampilan tulangan hanya sebatas 2 dimensi saja, sehingga orang yang melihat akan sulit membayangkan bagaimana bentuk tulangan yang sudah terangkai. Sedangkan pada metode BIM terdapat tampilan tulangan 2d dan 3d , sehingga membantu visualisasi dari bentuk tulangan.

Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

Tabel 4.9 Rekapitulasi kelemahan dan kelebihan metode konvensional dengan metode BIM Allplan

Bagian	Konvensional	Allplan
- Penamaan	Sesuai keinginan pembuat	Sesuai dengan bawaan <i>software</i> , tidak bisa diubah sesuai dengan keinginan pembuat
	Tulangan memiliki panjang dan bentuk yang sama dapat dikelompokkan menjadi satu penamaan	Tulangan memiliki panjang dan bentuk yang sama tidak dapat dikelompokkan menjadi satu penamaan
- Pembuatan tulangan	Bisa menyesuaikan keinginan pembuat	Bisa menyesuaikan keinginan pembuat
- Lapping	Sesuai dengan keinginan pembuat	Sesuai dengan keinginan pembuat, dan bisa secara otomatis membuat 2 jenis lapping yang berbeda pada satu area tulangan
- Ketelitian	Rentan terjadi <i>human error</i>	Panjang tulangan yang tidak sesuai dengan panjang aslinya
- Hasil	Harus menggunakan bantuan <i>software</i> lain untuk mendapatkan berat tulangan.	Selesai pemodelan tulangan pada Allplan, BBS akan otomatis muncul.
- Tampilan	Hanya tampilan 2D	Terdapat tampilan 2D, dan 3D

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perhitungan dengan metode konvensional lebih besar 2,54% dibandingkan metode BIM Allplan Standar dan perhitungan dengan metode konvensional lebih besar 1,74% dibandingkan metode BIM Allplan Custom. Dari penelitian ini penulis mendapatkan kelebihan metode BIM dalam perhitungan dan pembuatan *Bar Bending Schedule* (BBS) yaitu, pembuatan tulangan yang bisa sesuai keinginan pembuatnya baik dari panjang, bentuk, dan lappingnya, dan hasil BBS yang otomatis keluar setelah proses pemodelan selesai, namun ada juga kelemahan pada metode BIM yaitu penamaan tulangan yang hanya bisa sesuai dengan pengaturan *software*. Sedangkan perhitungan dan pembuatan BBS dengan metode konvensional memiliki kelebihan pada penamaan tulangan yang bisa sesuai dengan keinginan pembuat, dan pembuatan tulangan yang bisa sesuai dengan keinginan pembuatnya. Namun, terdapat kelemahan pada ketelitian karena masih dikerjakan oleh manusia, sehingga sangat rentan terjadinya *human error*, dan harus menggunakan *software* lain untuk mendapatkan berat tulangan.

5.2 Saran

Dalam tugas akhir ini, ada beberapa saran yang diberikan kepada peneliti selanjutnya yang tertarik untuk membahas tentang perbandingan BBS metode konvensional dengan metode BIM khususnya *software* Allplan, yaitu :

1. Penelitian dilakukan dengan objek dan bangunan yang sejenis
2. Untuk pengembangan penelitian dapat menggunakan struktur bangunan secara keseluruhan misalnya kolom, balok dan plat
3. Penelitian ini hanya melibatkan BIM 5D khususnya *quantity take off*, untuk pengembangan selanjutnya agar bisa ditambahkan dimensi BIM yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpha, S. A. (2015). Penggambaran Penulangan Beton Bertulang. In *Baja Tulangan* (p. 12). Malang: Media Nusa Creative.
- Anindya, A. A., & Gondokusumo, O. (2020). Kajian penggunaan Cubicost untuk pekerjaan Quantity Take Off pada Proses Tender. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Vol. 4 No. 1*, 2020.
- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rinneka Cipta.
- Daud, N. (2019). Penerapan Building Information Modeling (BIM) di era industri 4.0. *Workshop Pemberdayaan Komptensi Tenaga Ahli Bidang Jasa Konstruksi Balai Jasa Konstruksi Wilayah VI Makassar* (p. 13). Direktorat Kelembagaan dan Sumber Daya Konstruksi.
- Jack C. McCormac. (2004). Beton Bertulang. In *Desain Beton Bertulang* (p. 1). Erlangga.
- Mafrul, A. (2021). Analisis penjadwalan dan bar Bending Schedule dengan Building Information Modeling (BIM) Allplan. *Tugas Akhir*.
- Permana, I. (2021). Tugas Akhir optimasi kebutuhan Tulangan pada Balok Menggunakan Program Linier. *Tugas Akhir*.
- PT Freport Indonesia. (2021). *Smelter*. Retrieved from ptfi.co.id: <https://ptfi.co.id/id/smelter>
- PUPR, Kementrian. (2018). *Workflow dan Implementasi BIM pad Level Kolaborasi Dalam Proses Monitoring Proyek*.
- Rafli, Yuwono, B. E., & Rayshanda, R. (2018). Manfaat Penggunaan Building Information Modeling BIM pada proyek Konstruksi sebagai Media Komunikasi Stakeholders. *Jurnal CSESD Vol. 01 No 02*.
- Sugiyono. (2007). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: alfabeta.

Suwarni, A., & Anondho, B. (2021). Perbandingan Volume Kolom Beton antara Building Information Modeling dengan Metode Konvensional. *Jurnal teknik Sipil Vol.VI No.II*, 75-83.

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Islamul Ikhsan, beragama islam, lahir di Kota Batam pada hari Selasa tanggal 16 Januari 2001. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Sunardi dan Inayati Irsyad. Saat ini penulis bertempat tinggal di Kav. Senjulung Blok. C No.126 rt. 01, rw. 10, Kelurahan Kabil, Kecamatan Nongsa, Kotam Batam, Kepulauan Riau. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Islam Swasta Nabilah pada tahun 2007 sampai 2013. Pada tahun itu juga penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Batam dan tamat pada tahun 2016 kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 15 Batam pada tahun 2016 sampai 2019. Hingga saat ini penulis menempuh pendidikan vokasi, di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang Prodi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung. Pada bulan Februari 2022 sampai bulan Agustus 2022, penulis melakukan kegiatan magang di Manyar Smelter Project yang berlokasi di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur.

Fairuz Salma Nabila, beragama islam, dilahirkan di Kabupaten Kudus pada hari Rabu tanggal 09 Mei 2001. Anak kedua dari dua bersaudara pasangan dari Fasih Anwari dan Bintari Ana Ratna Dalila. Penulis saat ini bertempat tinggal di Jl. Kyai Telingsing, No. 61 Kecamatan Kota, Kabupaten Kudus, Provinsi Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD NU NawaKartika Kota Kudus pada tahun 2013. Pada tahun itu juga penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTs Negeri 1 Kudus dan tamat pada tahun 2016 kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di MA Negeri 2 Kudus dan selesai pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan vokasi, tepatnya di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang Prodi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung. Pada bulan Februari 2022 sampai bulan Agustus 2022 penulis mengikuti kegiatan magang di Manyar Smelter Project yang berlokasi di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur.

Dengan selalu berdoa kepada Allah, mempunyai keinginan kuat, ketekunan, motivasi tinggi, kerjasama yang baik serta terus belajar dan berusaha. Penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penelitian ini mampu memberikan manfaat terhadap dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur atas selesainya tugas akhir yang berjudul “Perbandingan *Bar Bending Schedule* Metode Konvensional dengan Metode *Building Information Modeling* pada Struktur Pondasi Bangunan Smelter Gresik”