

**ESTIMASI BIAYA  
PEKERJAAN FONDASI *BORE PILE*, *PILECAP*, DAN *PIER*  
MENGUNAKAN SISTEM *BUILDING INFORMATION MODELLING*  
(STUDI KASUS PADA PROYEK *FLYOVER DOUBLE TRACK* MANGGARAI-JATINEGARA)**

Rachmad Ridho Utama,<sup>1)</sup> Hikmad Lukman,<sup>2)</sup> Wiratna Tri Nugraha<sup>3)</sup>

**ABSTRAK**

Permasalahan terkait dari perencanaan biaya, waktu, maupun mutu dari suatu proyek masih banyak ditemukan di Indonesia. Banyaknya perubahan-perubahan yang sering terjadi pada perancangan suatu bangunan dapat menjadi masalah karena mengakibatkan kenaikan biaya. *Building Information Modelling* (BIM) merupakan suatu sistem yang mencakup beberapa informasi penting dalam proses *design*, *construction*, dan *maintenance* yang terintegrasi pada pemodelan 3D. Penelitian ini bertujuan mengestimasi biaya fondasi *bore pile*, *pilecap* dan *pier* menggunakan sistem BIM yang dibantu dengan *software* Autodesk Revit. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara memodelkan di *software* Revit berdasarkan gambar *bore pile*, *pilecap*, dan *pier* proyek *Double Track* Manggarai-Jatinegara. Setelah dimodelkan dalam bentuk 3D didapatkan *output* berupa *schedule* yang berisi biaya setiap elemen yang dimodelkan. Berdasarkan hasil pemodelan dapat diketahui biaya pekerjaan, yakni untuk biaya pekerjaan beton fondasi *bore pile* Rp 1.615.688.758,80, biaya pekerjaan beton *pilecap* Rp 603.551.395,50, biaya pekerjaan beton *pier* Rp 131.109.648,95, biaya pekerjaan penulangan *bore pile* Rp 628.977.141,60, biaya pekerjaan penulangan *pilecap* Rp 278.634.541,14, dan biaya pekerjaan penulangan *pier* Rp 128.039.822,50. Dengan menggunakan sistem BIM hasil visual 3D yang dimodelkan sangat mudah dipahami dan dibaca, serta *output* data yang dihasilkan terintegrasi dengan model sehingga meminimalisir adanya kesalahan.

Kata Kunci : Estimasi Biaya, *Building Information Modelling*, Revit.

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Permasalahan terkait dari perencanaan biaya, waktu maupun mutu dari suatu proyek masih banyak ditemukan di Indonesia. Beberapa kasus cenderung tidak disadari ketika suatu proyek berjalan. Perbandingan perkembangan *software* negara Indonesia dengan beberapa negara lain masih cukup jauh. Banyaknya perubahan-perubahan yang terjadi pada perencanaan suatu bangunan dapat menjadi masalah karena mengakibatkan kenaikan biaya, memakan waktu yang cukup lama dan sumber daya menjadi tidak efisien dan efektif yang pada akhirnya dapat mengganggu aktivitas proses konstruksi

### **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Penyusunan tugas akhir ini memiliki maksud yaitu :

1. Membuat pemodelan tiga dimensi fondasi *bore pile*, *pilecap*, dan *pier* menggunakan *software* Revit Autodesk.
2. Menghitung volume pekerjaan fondasi *bore pile*, *pilecap*, dan *pier*.
3. Mengestimasi biaya pada pekerjaan fondasi *bore pile*, *pilecap*, dan *pier*.

Tujuan penelitian ini adalah

1. Membandingkan perhitungan estimasi biaya dengan menggunakan *Building Information Modelling* dan cara manual.
2. Dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang akan membahas tentang penggunaan sistem *Building Information Modelling*.
3. Sebagai tambahan wawasan untuk mengembangkan

serta memperluas pengetahuan mengenai teknologi konstruksi berbasis BIM.

### **1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini ruang lingkup dan batasan masalah yang ditinjau adalah :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek *Fly over Double Track* Manggarai-Jatinegara, yang berlokasi distasiun Manggarai, Kecamatan Tebet, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
2. Untuk perhitungan estimasi biaya berfokus pada pekerjaan fondasi *bore pile*, *pilecap*, dan *pier* MP 08.
3. Pengerjaan pemodelan menggunakan *software* Autodesk Revit.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Tinjauan Umum**

Manajemen proyek adalah sekelompok alat, proses, dan sumber daya manusia yang berkompeten untuk mengerjakan aktivitas-aktivitas yang berkaitan dan berusaha untuk menggunakan sumber daya secara efektif untuk menyelesaikan proyek secara efisien dan tepat waktu. (Dimiyati dan Nurjaman, 2014).

### **2.2. Rencana Anggaran Biaya**

Rencana anggaran biaya ialah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut (Ibrahim, 1993). Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh dari jumlah seluruh volume tiap pekerjaan dikali dengan harga satuan masing-masing pekerjaan. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan dihitung dari data gambar

desain.

### 2.3. Volume Pekerjaan

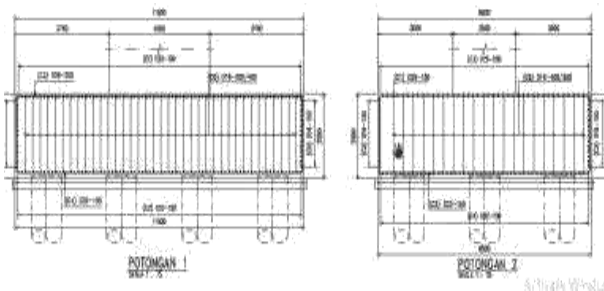
Volume pekerjaan merupakan perhitungan secara rinci volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Pada suatu proyek, volume pekerjaan dalam satu-satuan (Ibrahim 2003). Perhitungan volume didasarkan pada gambar detail dari *bestek* yang tersedia, termasuk perubahan dan tambahan yang diberikan pada saat pemberian penjelasan.

### 2.4. Fondasi

Fondasi merupakan bagian dari struktur yang berperan dalam menopang dan menyalurkan beban-beban yang bekerja ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan kecuali pada permukaan tanah merupakan tambahan kepada beban-beban yang sudah ada dalam massa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya (Bowles, 1988:1).

### 2.5. Pilecap

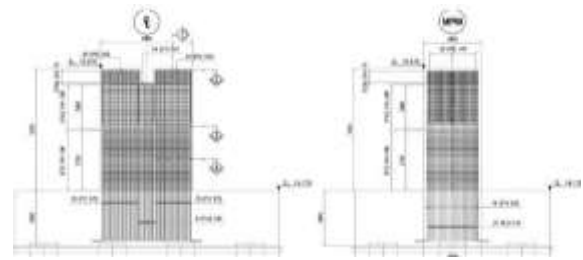
*Pilecap* adalah elemen penting dari suatu struktur bawah. Hal ini dikarenakan *pilecap* memiliki peran penting dalam penyaluran beban struktur kedalam fondasi untuk kemudian diteruskan ke dalam tanah. *Pilecap* juga berfungsi mengikat fondasi kelompok, sehingga gaya-gaya dari kolom tersebar rata kepada fondasi. Secara analitis, *pilecap* akan menerima gaya aksial dari kolom, tekanan tanah dan daya dukung dari fondasi. Gambar *pilecap* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Pilecap*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

### 2.6. Pier

*Pier* (pilar) merupakan salah satu komponen jembatan yang berfungsi penyalur beban dari *pier head* ke *pilecap* yang bertujuan agar beban yang tersalur dari *pier head* ke *girder* dapat diarahkan dengan baik. Pilar merupakan elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan sehingga, keruntuhan pada suatu pilar merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (sudarmoko,1996). Gambar *pier* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Pier*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

### 2.7. Biaya Fondasi

#### 2.7.1. Volume Fondasi

Sebelum menghitung biaya pada pekerjaan fondasi, terlebih dahulu menentukan volume fondasi yang digunakan. Untuk menghitung volume fondasi *bore pile* yaitu:

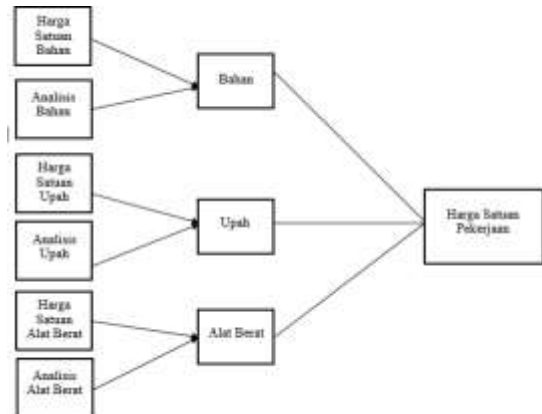
$$\text{Volume} = \text{Luas alas} \times \text{Tinggi Tiang Bore Pile}$$

2.1

#### 2.7.2. Harga Satuan Pekerjaan

Menurut Ibrahim (1993) harga satuan pekerjaan adalah jumlah bahan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, kemudian dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi di kumpulkan dan di catat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Dibawah ini diberikan skema untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan :



Gambar 2.3 Skema untuk Mendapatkan Nilai Harga Satuan  
“Sumber : Diktat Rencana dan Estimasi Biaya (1993)”

### 2.8. Berat Tulangan

Berdasarkan SNI 07-2052-2002 dijelaskan bahwa berat tulangan dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Berat Baja Tulangan Polos

No.	Penamaan	Diameter Nominal(d) (mm)	Luas Penampang Nominal (L) (cm <sup>2</sup> )	Berat Nominal (kg/m)
1.	p 6	6	0,2827	0,222
2.	p 8	8	0,5027	0,395
3.	p 10	10	0,7854	0,617
4.	p 12	12	1,131	0,888
5.	P 14	14	1,539	1,21
6.	p 16	16	2,011	1,58
7.	p 19	19	2,835	2,23

No.	Penamaan	Diameter Nominal(d) (mm)	Luas Penampang Nominal (L) (cm <sup>2</sup> )	Berat Nominal (kg/m)
8.	p 22	22	3,801	2,98
9.	p 25	25	4,909	3,85
10.	p 28	28	6,156	4,83
11.	p 32	32	8,042	6,31

“Sumber : SNI 07-2052-2002 Baja Tulangan Beton”

Tabel 2.2 Berat Baja Tulangan Ulir

No	Penamaan	Diameter	Luas	Diameter	Tinggi Strip		Jarak Strip	Lebar Busak	Berat
		Nominal	Penampang	dalam	Melingkang		antara	Melingkang	
		mm	cm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	
1	S.6	8	0,2827	5,5	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S.8	6	0,5807	7,3	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S.10	10	0,7854	8,9	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S.13	13	1,327	12,0	0,7	1,3	9,1	10,2	1,04
5	S.16	16	2,011	15,0	0,8	1,6	11,2	12,6	1,58
6	S.19	19	2,835	17,8	1,0	1,9	13,3	14,9	2,23
7	S.22	22	3,801	20,7	1,1	2,2	15,4	17,3	2,98
8	S.25	25	4,909	23,6	1,3	2,5	17,2	19,7	3,85
9	S.29	29	6,625	27,2	1,5	2,9	20,3	22,8	5,18
10	S.32	32	8,042	30,2	1,6	3,2	22,4	25,1	6,31
11	S.36	36	10,18	34,0	1,8	3,6	25,2	28,3	7,99
12	S.40	40	12,57	38,0	2,0	4,0	28,0	31,4	9,88
13	S.50	50	19,64	48,0	2,5	5,0	38,0	49,3	17,4

“Sumber : SNI 07-2052-2002 Baja Tulangan Beton”

## 2.9. Building Information Modelling (BIM)

### 2.9.1. Pengenalan Building Information Modelling

Perkembangan teknologi pada dunia konstruksi diharapkan dapat mengatasi masalah koordinasi yang terjadi pada masa pelaksanaan proyek konstruksi guna meningkatkan produktifitas agar proyek dapat berjalan efektif dan efisien. (Eastman,2008) menjelaskan BIM sebagai salah satu perkembangan paling menjanjikan dalam arsitektur, industri teknik dan konstruksi. Dengan menggunakan sistem BIM, sebuah model virtual akurat bangunan akan dirancang secara digital. Model bangunan yang dihasilkan oleh BIM terdapat visualisasi geometri yang lebih tepat dan data relevan.

### 2.9.2. Keunggulan Building Information Modelling

Secara garis besar BIM memiliki kelebihan yaitu dapat mendeteksi benturan saat proses perencanaan, mengurangi limbah material, mengestimasi biaya, mengintegrasikan antar *software* tanpa harus membuat ulang dan menghemat sumber daya manusia. Dapat dilihat pada Gambar 2.12 pekerjaan-pekerjaan konstruksi yang dapat dimuat dalam sistem BIM.



Gambar 2.4 Pekerjaan yang dapat dimuat dalam BIM

BIM adalah bentuk evolusi digital dari 2D menjadi model 3D dengan *database* yang lengkap dan terangkum dalam satu file. Berikut merupakan penggunaan BIM disetiap tahapan suatu proyek:

#### 1. Tahap Pra-Konstruksi

Pada tahapan pra-konstruksi pemilik proyek atau *owner* mencoba mengestimasi proyek yang akan dibuat dengan anggaran yang dimiliki. Dengan bantuan BIM dapat membuat pemodelan bangunan dalam bentuk 3D dan bisa dilanjutkan dengan perhitungan anggaran kasar suatu proyek.

#### 2. Tahap Desain

Tahapan ini merupakan kolaborasi antar disiplin ilmu untuk membuat suatu model 3D yang lengkap dengan visualisasi yang baik.

#### 3. Tahap Konstruksi

Pada tahap ini BIM dapat mengurangi resiko kesalahan, mengurangi pekerjaan yang berulang, serta mengurangi biaya akibat kerusakan atau *repair* karena terjadi bentrokan antar desain.

#### 4. Tahap Maintenance

Proyek yang sudah dinyatakan selesai, akan disimpan dalam bentuk *database* atau disimpan dalam komputer, sehingga jika ingin melakukan *maintenance*, hal yang pertama dilakukan adalah membuka file BIM bangunan tersebut sehingga dapat memudahkan proses monitoring proyek.

## 2.10. Revit

Revit merupakan salah satu *software Building Information Modelling (BIM)* yang dikembangkan oleh Autodesk untuk melakukan desain arsitektur, struktur, serta mekanikal, elektrikal dan plumbing (MEP). Dengan *software Revit* ini kita dapat merancang bangunan dan struktur dengan pemodelan komponen dalam 3D dan sekaligus menampilkan gambar kerja dalam 2D.

Informasi model dapat diperoleh dari fitur-fitur umum dari Revit. Menurut Rayendra dan Soemardi (2014) rincian fitur-fitur umum dari Revit dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Rincian Fitur Umum dari Software Revit

Fitur	Keterangan
<b>Massing</b>	Fitur yang berfungsi menggambar bentuk dan geometri bangunan dengan bentuk-bentuk yang sederhana. <i>Massing</i> berfungsi untuk mengetahui luasan, volume, visualisasi dari bentuk bangunan dengan keperluan analisis selanjutnya.
<b>Phasing</b>	<i>Software Revit</i> dapat perubahan pada model yang direncanakan untuk tahapan proyek tertentu.
<b>Modelling</b>	<i>Output</i> dalam proyek dengan bantuan Revit adalah membuat model bangunannya. <i>Tools</i> yang digunakan untuk pemodelan disebut <i>families, library atau template</i> yang akan digunakan.
Fitur	Keterangan

<b>Rendering</b>	Gambar tiga dimensi yang telah dirancang sering dituntut untuk serealistik mungkin. Hal tersebut dilakukan dengan memperhatikan material nyata dari model, memberikan tekstur serta pencahayaan.
<b>Collaboration</b>	Hasil model Revit dapat dikerjakan bersama-sama dan diakses dari komputer yang berbeda, dan juga <i>software</i> Revit dapat diintegrasikan dengan <i>software</i> lain yang dikeluarkan oleh Autodesk.
<b>Scheduling</b>	Revit dapat merangkai objek- objek yang telah dibuat kedalam susunan jadwal. Jadwal dapat terintegrasi dengan model.

“Sumber : Rayendra dan Soemardi (2014)”

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Data Umum

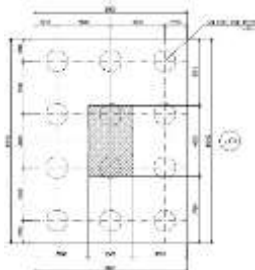
Pekerjaan pembangunan fasilitas perkeretaapian *Double Double Track* (Paket A) untuk Manggarai sampai dengan Jatinegara terdiri dari pekerjaan *track elevated*, *track at grade*, dan pembangunan stasiun.

Berikut adalah data dimensi serta gambar kerja *bore pile*, *pilecap*, dan *pier* :

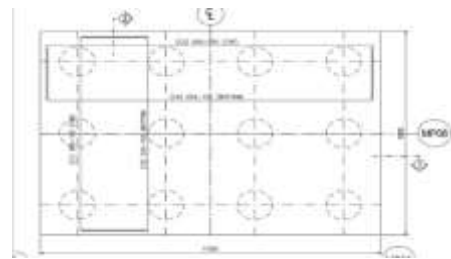
- Dimensi : *Bore Pile* = - Diameter : 1,2 m  
- Kedalaman : 27 m  
*Pilecap* = - Lebar : 8,5 m  
- Panjang : 11,5m  
- Tinggi : 2,5 m  
*Pier* = - Lebar : 2,5 m  
- Panjang : 4 m  
- Tinggi : 5,5 m
- Mutu Bahan : Beton = K-350  
Baja = BjTS 420 B
- Gambar denah *plan double track*, denah *bore pile*, *pilecap* serta detail *pier* MP 08 dapat dilihat pada Gambar 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4.



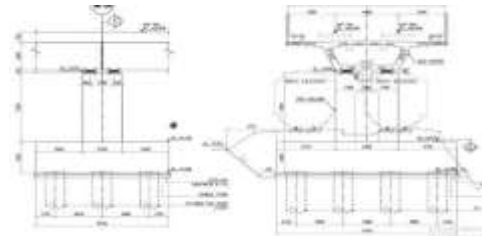
Gambar 3.1 Denah *Plan Double Track*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”



Gambar 3.2 Denah *Bore Pile* MP 08  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

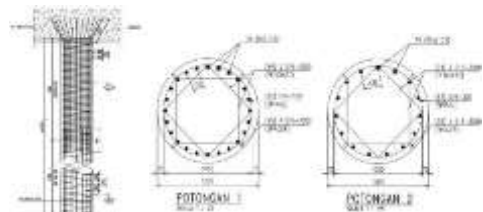


Gambar 3.3 Denah *Bore Pile* MP 08  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

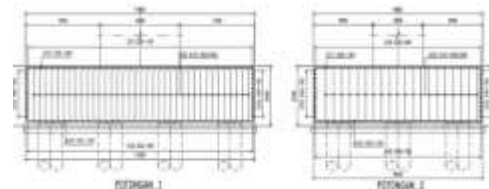


Gambar 3.4 Detail *Pier* MP 08  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

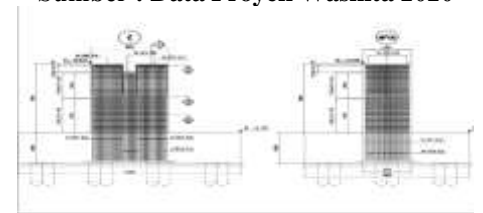
- Gambar tampak dan potongan *Bore pile*, *Pilecap* dan *Pier* dapat dilihat pada Gambar 3.5, 3.6, dan 3.7.



Gambar 3.5 Potongan *Bore Pile*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”



Gambar 3.6 Potongan Memanjang dan Melintang *Pilecap*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”



Gambar 3.7 Potongan *Pier*  
“Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

#### 3.2. Lokasi Proyek

Proyek ini berada di Jl. Manggarai Utara, RW.1, Manggarai, Kecamatan Tebet, Kota Jakarta Selatan.



Gambar 3.8 Lokasi Proyeksi  
 “Sumber : Data Proyek Waskita 2020”

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder berupa *shop drawing*, rencana anggaran biaya, rencana kerja dan syarat-syarat, dan data tersier berupa buku-buku serta jurnal tentang BIM dan *software* Revit.

### 3.4. Teknik Pengolahan Data

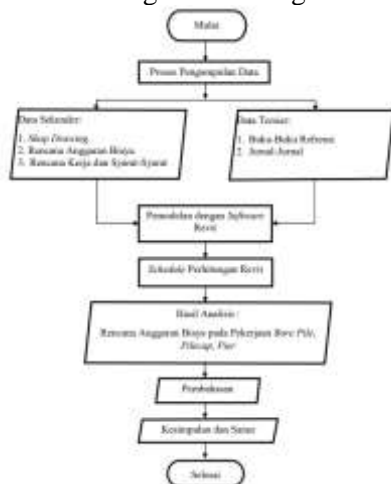
Dapat dilihat pada Gambar 3.9 merupakan bagan alir dari pengolahan data pada Revit, input data sekunder dimulai dengan tahap penentuan satuan, pembuatan pemodelan, dengan *output* yaitu volume, dan biaya pekerjaan.



Gambar 3.9 Bagan Alir Pengolahan Data pada *Software* Revit

### 3.5. Bagan Alir Pengolahan Data

Gambar 3.10 Bagan Alir Pengolahan Data.



Gambar 3.10 Bagan Alir Pengolahan Data

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pemodelan pada *Software* Autodesk Revit

Penelitian ini menggunakan *software* Autodesk

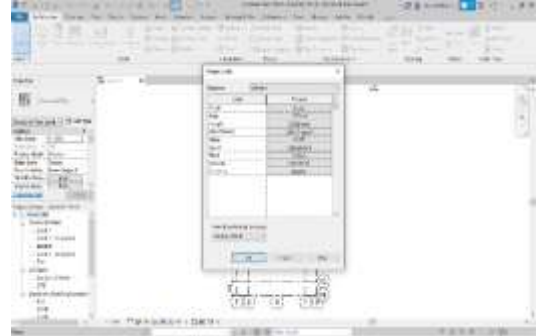
Revit 2022 yang diperoleh dengan menggunakan *Student License* dari Autodesk.

#### 4.1.1. Tahapan Pemodelan

Tahap selanjutnya melakukan pemodelan bangunan. Pada tahapan ini akan digunakan fitur *modelling* dari revit dengan langkah-langkah sebagai berikut :

##### 1. Penentuan Satuan

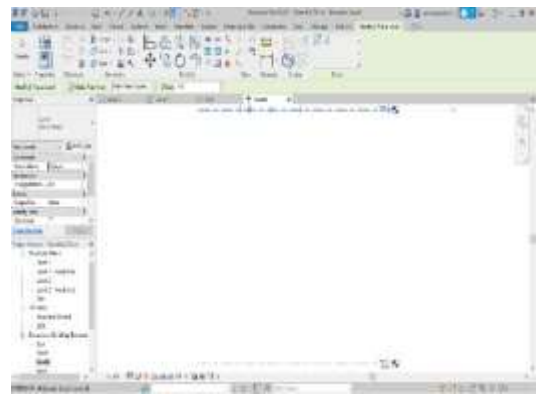
Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Structural Template* yang ada pada pilihan awal *software* Revit. Untuk menentukan satuan dapat dibuka pada menu *Manage => Setting => Project Units*. Pada penelitian ini menggunakan satuan milimeter (mm). Dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Revit untuk Menentukan Satuan  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

##### 2. Menentukan Elevasi

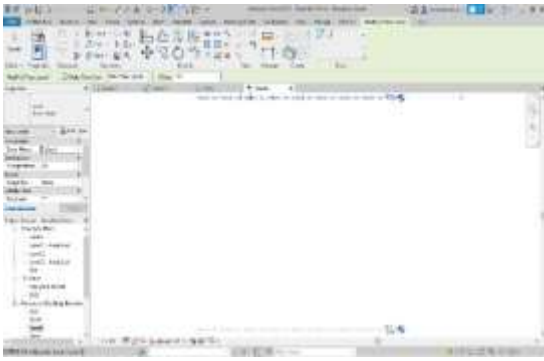
Untuk menggambar elevasi harus masuk ke dalam *Elevation (Building Elevation) view* pada *Project Browser*. Pilih diantara *north, south, west, east*. Setelah *view* aktif, buka pilihan *Structure => Datum => Level*.



Gambar 4.2 Tampilan Revit untuk Menentukan Elevasi  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

##### 3. Pengaturan *Grid*

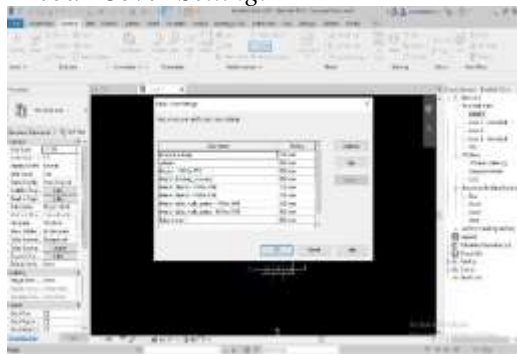
Membuat *grid* berfungsi untuk memudahkan dalam meletakkan elemen-elemen seperti fondasi *bore pile*, *pilecap*, dan *pier*. Untuk menggambar *grid* dapat dilakukan pada menu *Structure => Datum => Grid*



Gambar 4.3 Grid untuk Memodelkan Bangunan  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

4. Menentukan *Rebar Cover*

Untuk mengatur *rebar cover* (selimut beton) dapat dilakukan dengan cara *Structure => Reinforcement => Rebar Cover Setting*.

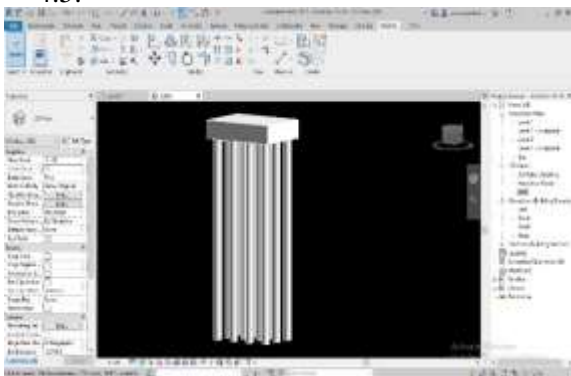


Gambar 4.4 Penentuan Selimut Beton  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

5. Pemodelan Bangunan

a. Pemodelan *Bore pile* dan *Pilecap*

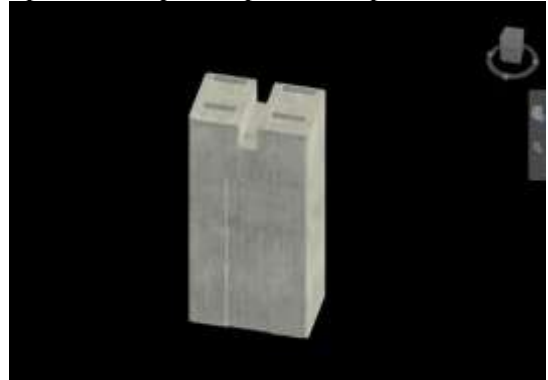
Pemodelan untuk *borepile* dan *pilecap* dapat dilakukan dengan cara klik menu *File => Open => Family => Structural Foundation*. Perubahan bentuk serta ukuran fondasi dapat dilakukan dengan menu *Create Similar* kemudian buat garis sesuaikan dengan jarak antar *borepile*. Selanjutnya untuk mengedit ukuran sesuai gambar maka dapat dilakukan dengan menu *Measure => klik sisi yang akan diukur => Create Parameter*. Contoh hasil pemodelan *borepile* dan *pilecap* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Model *Borepile* dan *Pilecap*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

b. Pemodelan *Pier*

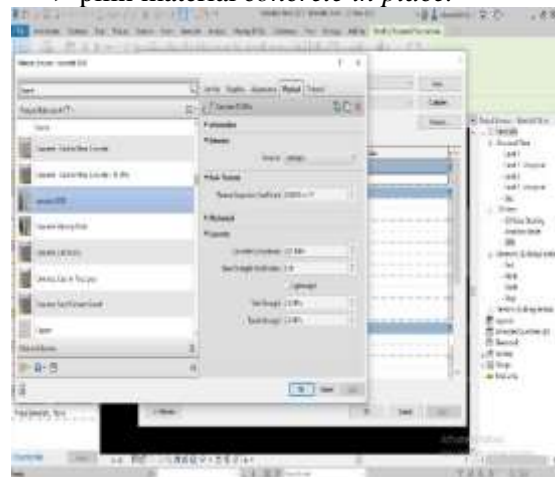
Pemodelan *pier* dapat dilakukan dengan menu *Structure => Component => Model in-Place => Structural Coloumns => Extrusion*. Contoh hasil pemodelan *pier* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Model *Pier*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

c. Pembuatan *Material Beton*

Langkah selanjutnya adalah membuat material pada setiap bangunan yang sudah dimodelkan. Dapat dilakukan dengan cara klik model bangunan yang sudah dibuat *Type Properties => Material and Finishes => Opens asset browser => pilih material concrete in place*.

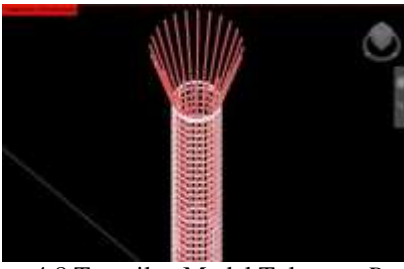


Gambar 4.7 Tampilan untuk Mengatur *Material Beton*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

6. Pemodelan Tulangan

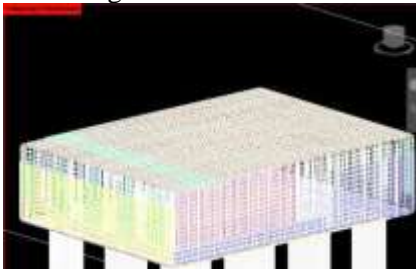
a. Pemodelan Tulangan pada Fondasi *Bore Pile*

- Sebelum membuat tulangan terlebih diperlukan membuat *Section View (3D View => Duplicate View => Rename* dengan nama *3D Rebar*.
- Kemudian pilih menu *Structure => Reinforcement => Rebar*. Lalu akan muncul pilihan tipe bentuk tulangan yang akan dimodelkan pada *Rebar Shape Browser*, setelah itu pilih menu *SketchRebar*.



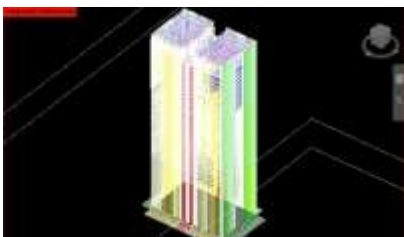
Gambar 4.8 Tampilan Model Tulangan *Bore Pile*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

b. Pemodelan Tulangan pada *Pilecap*  
 Tahap awal untuk memodelkan tulangan *pilecap* adalah membuat tulangan sengkang. Untuk membuat model sengkang dengan cara (masuk keterampilan *section* yang telah dibuat => pilih menu *section* => pada tab *properties* pilih *detail view* => Tarik pada sisi *pilecap* yang akan dipotong) setelah membuat potongan *detail* dapat dilakukan pemodelan tulangan sengkang dengan cara *sketch rebar* dan sesuaikan bentuk dan jumlah tulangan.



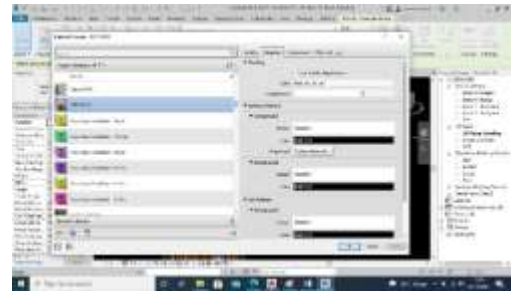
Gambar 4.9 Tampilan Model Tulangan *Pilecap*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

c. Pemodelan Tulangan pada *Pier Column*  
 Sama halnya pada pemodelan tulangan *pilecap*, langkah awal yang dilakukan adalah membuat tulangan sengkang pada *pier* dengan cara membuat potongan *detail* untuk memudahkan tampilan, setelah itu bentuk tulangan dapat dibuat (*rebar* => *sketch rebar* => kemudian atur jumlah dan jarak tulangan => *quantity and spacing*).



Gambar 4.10 Tampilan Model Tulangan *Pier Column*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

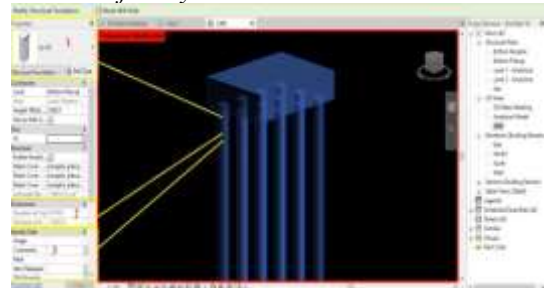
d. Pembuatan *Material Baja*  
 Langkah selanjutnya adalah membuat material baja pada setiap tulangan. Dapat dilakukan dengan cara klik model bangunan yang sudah dibuat => *Type Properties* => *Material and Finishes* => *Opens asset browser* => pilih material BjTS 420 B => setelah itu sesuaikan pada diameter tulangan yang digunakan dengan menu *Type Properties* => *Type*.



Gambar 4.11 Tampilan untuk Mengatur *Material Baja*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

4.1.2. Pembuatan *Schedule/Quantities*

Setelah gambar *borepile*, *pilecap*, dan *pier column* dibuat tahap selanjutnya adalah menghitung volume material dan perkiraan biaya pekerjaan. Pada tahap ini digunakan tahap *massing* yang berfungsi mendapatkan informasi yang terdapat pada setiap model yang sudah dibuat pada *drawing area* dengan cara memilih fitur *family*.



Gambar 4.12 Tampilan untuk Mengatur *Material Baja*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

4.2. Perhitungan Biaya dengan Revit

4.2.1. Perhitungan Biaya Pekerjaan Beton

Perhitungan biaya pekerjaan beton pada penelitian yang mengacu ke rencana anggaran biaya proyek.

No Pekerjaan	Uraian	Ukuran	Volume	Tipe	Harga Satuan	Total
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60
Pekerjaan Beton	concrete C30	W10x100	22,82 m <sup>3</sup>	420000	9.588	218.777,60

Gambar 4.13 Output Perhitungan Beton *Bore Pile*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

No Pekerjaan	Uraian	Ukuran	Volume	Tipe	Harga Satuan	Total
Pekerjaan Beton	concrete C30	Planca W10x100 x 150 x 200	24,32 m <sup>3</sup>	349222	8.489,72	206.619,42

No Pekerjaan	Uraian	Ukuran	Volume	Tipe	Harga Satuan	Total
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 1	Per SP W10x200 x 400 x 550	19,42 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	48.421.905,00
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 2	Per SP W10x200 x 400 x 550	9,95 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	24.811.563,75
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 3	Per SP W10x200 x 400 x 550	9,95 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	24.811.563,75
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 4	Per SP W10x200 x 400 x 550	1,42 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	3.541.199,50
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 5	Per SP W10x200 x 400 x 550	2,02 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	5.037.434,50

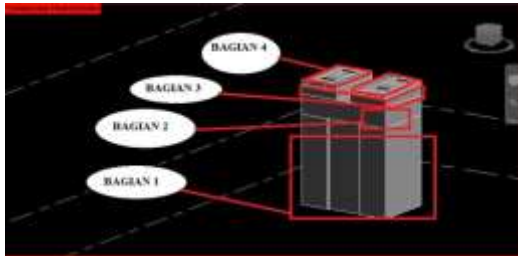
Gambar 4.14 Output Perhitungan Beton *Pilecap*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

No Pekerjaan	Uraian	Ukuran	Volume	Tipe	Harga Satuan	Total
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 1	Per SP W10x200 x 400 x 550	19,42 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	48.421.905,00
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 2	Per SP W10x200 x 400 x 550	9,95 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	24.811.563,75
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 3	Per SP W10x200 x 400 x 550	9,95 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	24.811.563,75
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 4	Per SP W10x200 x 400 x 550	1,42 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	3.541.199,50
Pekerjaan Beton	concrete C30	Step 5	Per SP W10x200 x 400 x 550	2,02 m <sup>3</sup>	2.493.725,00	5.037.434,50

Gambar 4.15 Output Perhitungan Beton *Pier*  
 “Sumber : Hasil analisis 2021”

BIAYA PEKERJAAN BETON PIER							
No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah
1	Pekerjaan Per	Concrete C20	Step 1	Per MP 08(200 x 400 x 250)	10,42 m <sup>3</sup>	2.493.751,00	26.000.000,00
2	Pekerjaan Per	Concrete C20	Step 2	Per MP 08(200 x 400 x 250)	1,00 m <sup>3</sup>	2.493.751,00	2.500.000,00
3	Pekerjaan Per	Concrete C20	Step 3	Per MP 08(200 x 400 x 250)	1,00 m <sup>3</sup>	2.493.751,00	2.500.000,00
4	Pekerjaan Per	Concrete C20	Step 4	Per MP 08(200 x 400 x 250)	1,42 m <sup>3</sup>	2.493.751,00	3.521.215,42
Total Beton					13,84 m <sup>3</sup>	2.493.751,00	34.542.215,42

Gambar 4.16 Output Perhitungan Beton Pier  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



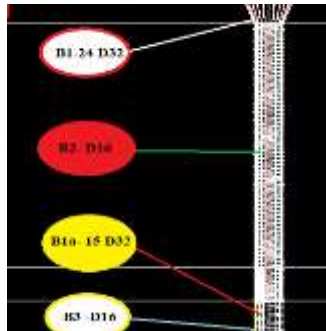
Gambar 4.17 Bagian Pier pada Pemodelan  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

#### 4.2.2. Perhitungan Biaya Pekerjaan Penulangan

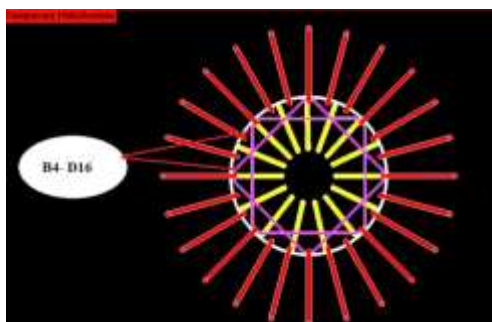
Perhitungan penulangan pada penelitian ini menggunakan harga satuan mengacu ke rencana anggaran biaya proyek.

BIAYA PEKERJAAN PENULANGAN											
No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah				
1	Pekerjaan Penulangan Beton	10,42 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	10,42 m <sup>3</sup>	10,42 m <sup>3</sup>	1.000,00	10.420,00				
2	Pekerjaan Penulangan Beton	1,00 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1,00 m <sup>3</sup>	1,00 m <sup>3</sup>	1.000,00	1.000,00				
3	Pekerjaan Penulangan Beton	1,00 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1,00 m <sup>3</sup>	1,00 m <sup>3</sup>	1.000,00	1.000,00				
4	Pekerjaan Penulangan Beton	1,42 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1,42 m <sup>3</sup>	1,42 m <sup>3</sup>	1.000,00	1.420,00				
Total Penulangan					3,84 m <sup>3</sup>	1.000,00	3.840,00				

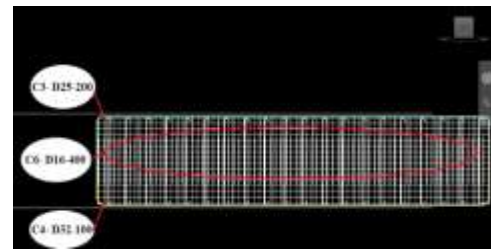
Gambar 4.18 Output Perhitungan Pekerjaan Penulangan  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



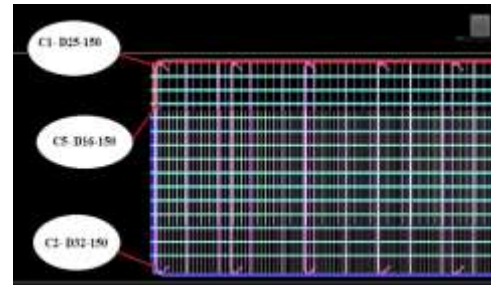
Gambar 4.19 Detail Tulangan Bore Pile 1  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



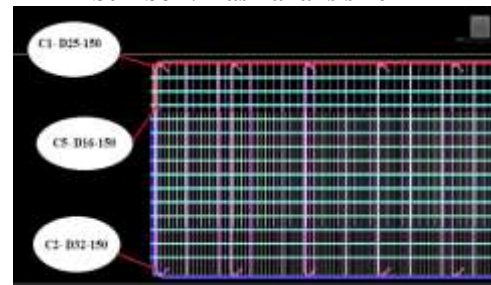
Gambar 4.20 Detail Tulangan Bore Pile 2  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



Gambar 4.21 Detail Tulangan Pilecap 1  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



Gambar 4.22 Detail Tulangan Pilecap 2  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

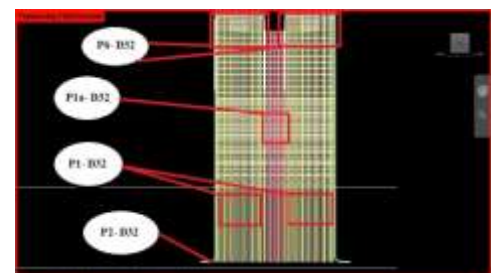


Gambar 4.23 Detail Tulangan Pilecap 2  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

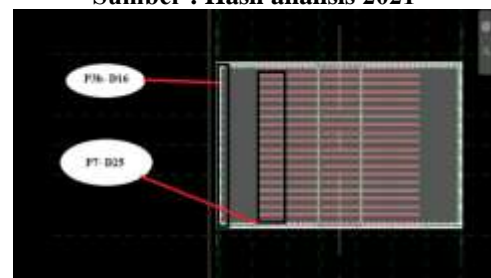
Didapatkan hasil total untuk volume beton bore pile MP 08 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Volume Beton Bore Pile

Uraian Pekerjaan	Diameter	TinggiTiang Bore Pile	JumlahTitik Bore Pile	VolumeTotal
Beton Bore Pile	(m)	(m)	(Titik)	(m <sup>3</sup> )
	1,2	27,10	12	367,80

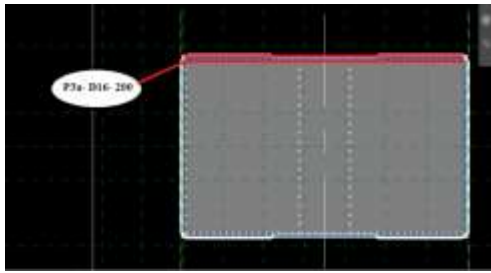


Gambar 4.24 Detail Tulangan Pier 1  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

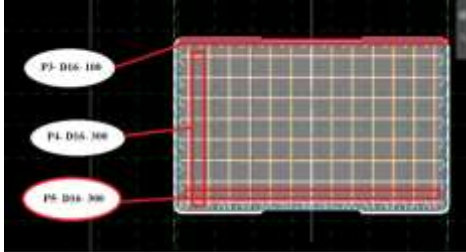


Gambar 4.25 Detail Tulangan Pier 2  
"Sumber : Hasil analisis 2021"





Gambar 4.26 Detail Tulangan Pier 3  
"Sumber : Hasil analisis 2021"



Gambar 4.27 Detail Tulangan Pier 3  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

### 4.3. Perhitungan Volume Secara Manual

Perhitungan manual ini didasarkan pada data rencana anggaran biaya proyek ini. Untuk data rekap volume mencakup volume beton dan tulangan serta data rencana anggaran biaya terdapat harga satuan biaya.

#### 4.3.1. Perhitungan Volume Pekerjaan Beton

##### A. Perhitungan Volume Beton Bore Pile

Untuk perhitungan volume beton pada satu *bore pile* menggunakan rumus luas alas dikalikan tinggi tiang *bore pile*. Jumlah tiang *bore pile* pada MP 08 ini terdapat 12 buah.

$$\text{Volume} = \pi r^2 \times \text{Tinggi tiang} \times \text{Jumlah Bore Pile}$$

4.1

Gambar 4.28 Rumus Volume Beton Bore Pile

##### B. Perhitungan Volume Beton Pilecap

Pada volume *pilecap* dapat dihitung dengan cara mengalikan panjang, lebar, serta tinggi *pilecap*.

$$\text{Volume} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

4.2

Gambar 4.29 Rumus Volume Beton Pilecap  
Didapatkan hasil total untuk volume beton *pilecap* MP 08 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Volume Beton Pilecap

Uraian Pekerjaan	Dimensi (m)			Volume Total (m <sup>3</sup> )
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Beton Pilecap	11,50	8,50	2,50	244,38

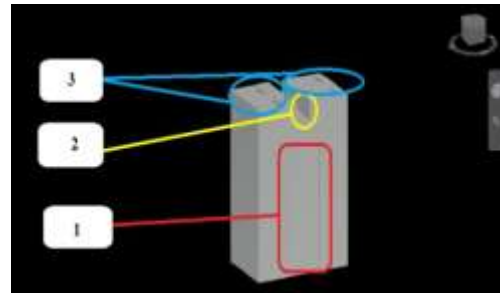
##### C. Perhitungan Volume Beton Pier

Pada perhitungan volume beton *pier* MP 08 dengan cara hitung volume *pier* (panjang x lebar x tinggi) kemudian dikurangi dengan volume *blockout 1* (profil *pier* bagian atas), motif lengkung pada sisi depan dan belakang, serta volume *blockout 2* (sebagai tempat dudukan *bearing pad*).

$$\text{Volume Total Pier} = (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) - \text{volume blockout 1 - motif lengkung} - \text{volume blockout 2}$$

4.3

Gambar 4.30 Rumus Volume Beton Pier



Gambar 4.31 Keterangan Bagian-Bagian Pier Column  
"Sumber : Hasil analisis 2021"

No	Uraian	Dimensi (m)			Volume (m <sup>3</sup> )
		Panjang	Lebar	Tinggi	
1.	Pier Column	2,5	4	5,5	55,00
2.	Blockout 1	2,4	0,6	0,6	-0,86
3.	Motif Lengkung	Area 0,0725	2 Sisi	4	-0,58
4.	Blockout 2	0,87	0,83	0,15	-0,43
Volume Pier					53,13

Gambar 4.32 Volume Beton Pier Column

"Sumber : Data Proyek Waskita 2020"

#### 4.3.2. Perhitungan Volume Pekerjaan Penulangan

No Tulangan	D (mm)	Jarak (mm)	Panjang (m)	Jumlah Batang	Total Panjang (m)	Unit Satuan (Kg/m)	Berat Total (Kg)
B 1a	32		18,99	15	284,85	6,31	1.797,40
B 2	16	150	10,72	24	250,85	1,58	396,34
B 2a	16	150	5,46	11	57,88	1,58	91,45
B 3	16	300	10,72	20	212,26	1,58	335,37
B 4	16	3000	3,36	19	63,84	1,58	100,87
B 5	16	3000	0,26	38	9,88	1,58	15,61
Volume Total							4.554,32
Volume Total 12 Titik Borepile							54.651,84

Gambar 4.33 Volume Tulangan Bore Pile

"Sumber : Data Proyek Waskita 2020"

No Tulangan	D (mm)	Jarak (mm)	Panjang (m)	Jumlah Batang	Total Panjang (m)	Unit Satuan (Kg/m)	Berat Total (Kg)
C 2	32	150	11,93	76	906,68	6,31	5.721,15
C 3	25	200	15,93	42	669,06	3,85	2.575,88
C 4	32	100	16,21	84	1.361,44	6,31	8.591,95
C 5	16	150	41,96	14	587,44	1,58	928,16
C 6	16	300	2,50	740	1850,00	1,58	2923,00
Volume Total							24.230,86

Gambar 4.34 Volume Tulangan Pilecap

"Sumber : Data Proyek Waskita 2020"

No Tulangan	D (mm)	Jarak (mm)	Panjang (m)	Jumlah Batang	Total Panjang (m)	Unit Satuan (Kg/m)	Berat Total (Kg)
P 1a	32		7,65	16	122,40	6,31	772,34
P 2	32		8,25	40	330,00	6,31	2.082,30
P 3	16	100	13,88	28	388,64	1,58	614,05
P 3a	16	200	13,88	11	152,68	1,58	266,09
P 3b	16	75	9,28	7	64,96	1,58	102,64
P 4	16	300	4,10	111	455,10	1,58	719,06
P 5	16	300	2,60	258	669,93	1,58	1.058,49
P 6	32		6,30	40	252,00	6,31	1.590,12
P 7	25		2,60	20	52,00	3,85	200,20
Volume Total							11.153,43

Gambar 4.35 Volume Tulangan Pier

"Sumber : Data Proyek Waskita 2020"

#### 4.4. Pembahasan

Didapat volume dari perhitungan BIM lebih kecil dari cara konvensional dikarenakan pemodelan tulangan pada BIM dilakukan secara *real* sehingga panjang tekukan tulangan diperhitungkan.

Item Pekerjaan	Volume Total Pekerjaan		Selisih	
	Konvensional	BIM	m <sup>3</sup>	%
Beton <i>Borepile</i>	367,80 m <sup>3</sup>	367,79 m <sup>3</sup>	0	0
Beton <i>Pilecap</i>	244,38 m <sup>3</sup>	244,38 m <sup>3</sup>	0	0
Beton <i>Pier</i>	53,13 m <sup>3</sup>	53,09 m <sup>3</sup>	0,04	0,0753
Tulangan <i>Borepile</i>	54.651,84 Kg	54.480,48 Kg	171,36	0,313
Tulangan <i>Pilecap</i>	24.230,86 Kg	24.134,65 Kg	96,21	0,397
Tulangan <i>Pier</i>	11.153,43 Kg	11.090,50 Kg	62,93	0,564

ITEM PEKERJAAN	TOTAL BIAYA PEKERJAAN		SELISIH BIAYA PEKERJAAN	
	KONVENSIONAL	REVIT	(Rp)	(%)
PEKERJAAN BETON BOREPILE	Rp. 1.615.688.759,00	Rp. 1.615.688.758,80	Rp. -	0%
PEKERJAAN BETON PILECAP	Rp. 603.551.395,00	Rp. 603.551.395,50	Rp. -	0%
PEKERJAAN BETON PIER	Rp. 131.216.489,00	Rp. 131.109.648,95	Rp. 106.840,05	0,08142173%
PEKERJAAN TULANGAN BOREPILE	Rp. 630.955.492,80	Rp. 628.977.141,60	Rp. 1.978.351,20	0,31354846%
PEKERJAAN TULANGAN PILECAP	Rp. 279.745.278,70	Rp. 278.634.541,14	Rp. 1.110.737,56	0,39705319%
PEKERJAAN TULANGAN PIER	Rp. 128.766.349,35	Rp. 128.039.822,50	Rp. 726.526,85	0,56422109%

Gambar 4.36 Perbandingan dan Selisih Perhitungan Biaya BIM dengan Konvensional  
**“Sumber : Hasil analisis 2021”**

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa terdapat keunggulan dari penggunaan sistem BIM. Beberapa kelebihan BIM adalah sebagai berikut.

1. Fitur visualisasi daripada penggunaan BIM bermanfaat dalam menggambarkan suatu proyek bangunan dalam pemodelan 3D sehingga lebih mudah untuk dibaca dan dipahami.
2. *Output* yang dihasilkan oleh system BIM seperti jenis material yang digunakan, diameter tulangan, volume, total biaya dapat terganti secara otomatis apabila ada perubahan model, sehingga dapat mengefisiensikan waktu bekerja.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang dilakukan dengan sistem BIM *software* Revit, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Setelah melakukan pemodelan pada *software* Revit maka akan menghasilkan *output* data berupa volume pekerjaan sebagai berikut:
  - a. Volume pekerjaan beton *borepile* sebesar 367,79 m<sup>3</sup>.
  - b. Volume pekerjaan beton *pilecap* sebesar 244,38 m<sup>3</sup>.
  - c. Volume pekerjaan beton *pier* sebesar 53,09 m<sup>3</sup>.
  - d. Volume pekerjaan tulangan *borepile* sebesar 54.480,48 Kg.
  - e. Volume pekerjaan tulangan *pilecap* sebesar 24.134,65 Kg.
  - f. Volume pekerjaan tulangan *pier* sebesar 11.090,50 Kg.

2. *Output* data dari sistem BIM tidak terbatas hanya pada volume tetapi mencakup biaya pekerjaan sebagai berikut :
  - a. Untuk pekerjaan beton fondasi *borepile* didapatkan biaya sebesar Rp.1.615.688.758,80.
  - b. Untuk pekerjaan beton *pilecap* didapatkan biaya sebesar Rp.603.551.395,50.
  - c. Untuk pekerjaan beton *pier* didapatkan biaya sebesar Rp.131.109.648,95.
  - d. Untuk pekerjaan tulangan *borepile* didapatkan biaya sebesar Rp.628.977.141,60.
  - e. Untuk pekerjaan tulangan *pilecap* didapatkan biaya sebesar Rp.278.634.541.
  - f. Untuk pekerjaan tulangan *pier* didapatkan biaya sebesar Rp.128.039.822,50.
3. Selisih biaya pekerjaan cara konvensional dengan BIM sebagai berikut:
  - a. Pada pekerjaan beton *bore pile* tidak ada selisih biaya.
  - b. Pada pekerjaan beton *pilecap* tidak ada selisih biaya.
  - c. Pada pekerjaan beton *pier* didapatkan selisih biaya sebesar Rp 0,5 atau 0,8142%.
  - d. Pada pekerjaan beton *bore pile* didapattkanselisih biaya sebesar Rp 1.978.351,20 atau 0,3135%.
  - e. Pada pekerjaan tulangan *pilecap* didapatkan selisih biaya sebesar Rp.1.110.737,56 atau 0,3970%.
  - f. Pada pekerjaan tulangan *pier* didapatkan selisih biaya sebesar Rp.726.526,85 atau 0,5642%.
4. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perhitungan biaya pekerjaan *bore pile*, *pilecap*, dan *pier* dengan sistem BIM lebih efisien dan efektif.

### 5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis memberikan saran untuk peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian lebih lanjut tentang penggunaan sistem BIM, peneliti selanjutnya dapat menggunakan *software* yang lain seperti *Naviswork* untuk membantu proses penjadwalan waktu atau dapat juga menggunakan *software Robot Structure* dari Autodesk yang berguna sebagai analisis struktur.
2. Untuk menghemat biaya penelitian dapat menggunakan *student license* agar tidak membeli *license* yang cukup mahal.
3. Sebagai saran untuk memudahkan proses pengoperasian Revit 2022 dengan lancar diperlukan computer dengan *system requirement* sebagai berikut:
  - a. Sistem operasi Windows 7 64 bit.
  - b. Tipe CPU Intel Pentium.
  - c. Memori sebesar 4 GB RAM.
  - d. Disarankan untuk perangkat penyimpanan menggunakan *Solid State Drive* (SSD) karena

software BIM cukup berat, sehingga mempercepat proses pembacaan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, *SNI 2052-2002-Baja Tulangan Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2002
- Bowles, Joseph E., 1988, *Analisa dan Desain Pondasi I Edisi Keempat Jilid 1*, Jakarta.
- Eastman, C., dkk., *BIM Handbook (a Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors)*, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada 2011
- Hanifah, Kartika Meidiana, 2018, *Analisis Faktor Efisiensi dan Perilaku Kelompok Tiang Akibat Beban Lateral Menggunakan Metode Finite Difference dan Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hardi, M. Dananjaya, *Aplikasi Building Information Modelling (BIM) pada Gedung Asrama Universitas Islam Indonesia*, Universitas Pertamina, 2020
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2008, *Teknik Fondasi II Edisi Keempat*, Yogyakarta.
- Hindratma, Trivishada, *Implementasi Konsep Building Information Modelling untuk Estimasi Biaya pada Pekerjaan Pondasi, Sloof dan Kolom*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2019
- Ibrahim, H. B, *Rencana dan Estimasi Real of Cost*, Bumi Aksara, Jakarta, 2003
- Marizan, Yosi, *Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas sukajadi Kota Prabumulih*, Universitas Palembang, 2019
- Munawaroh, Mumun, *Analisis Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Pondasi Bored Pile pada Pembangunan Fly Over Martadinata Bogor*, Universitas Pakuan, Bogor, 2020
- Radjab, Enny, Andi Jam'an, *Metodologi Penelitian Bisnis*, Universitas Muhammadiyah Makassar 2017
- Rahaditya, Verdi Arya, *Tutorial Pemodelan, Perhitungan Volume, dan Biaya Menggunakan Revit 2018*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2020
- Setiawan, Yustisian Elang, *Penerapan Building Information Modelling (BIM) dalam Manajemen Konstruksi pada Pembangunan Gedung Pusat Layanan Digitasi Universitas Negeri Semarang dengan Aplikasi Autodesk Revit 2021*, Semarang 2021

## BIODATA PENULIS

- (1) Rachmad Ridho Utama, ST. Alumni (2021) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.(rahmadridho2317@gmail.com)
- (2) Ir. Hikmad Lukman, MT. Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.
- (3) Ir. Wiratna Tri Nugraha, MT. Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.