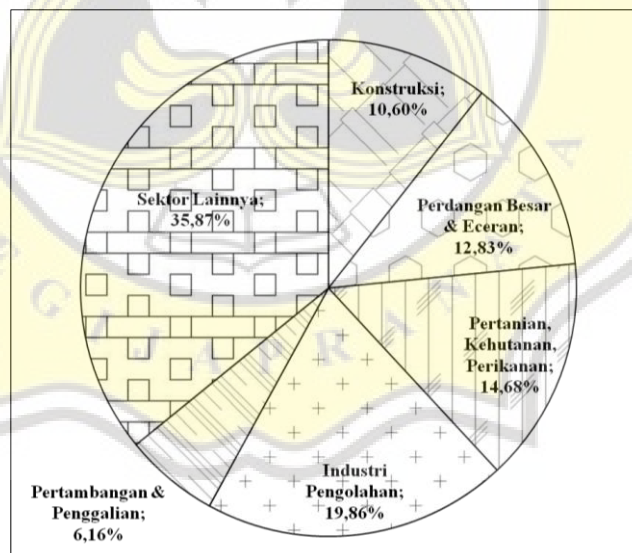




## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki luas wilayah terbesar di Asia Tenggara yaitu mencapai 1.913.578,68 km<sup>2</sup> sekaligus menjadi negara kepulauan terbanyak yaitu mencapai 17.504 pulau (Badan Pusat Statistik, 2020). Kondisi ini menjadi tantangan bagi pemerintah dalam mengupayakan pemerataan ekonomi nasional dan konektivitas antar wilayah di Indonesia. Untuk mengatasi tantangan ini, maka pemerintah gencar melaksanakan program pembangunan infrastruktur serta fokus pada investasi publik dan swasta dibidang konstruksi. Program pembangunan dan investasi ini meningkatkan peran sektor konstruksi terhadap perekonomian negara yang dibuktikan dengan besaran persentase sektor konstruksi terhadap PDB (Produk Domestik Bruto) Triwulan III / 2020 mencapai 10,60 % (Badan Pusat Statistik, 2020).

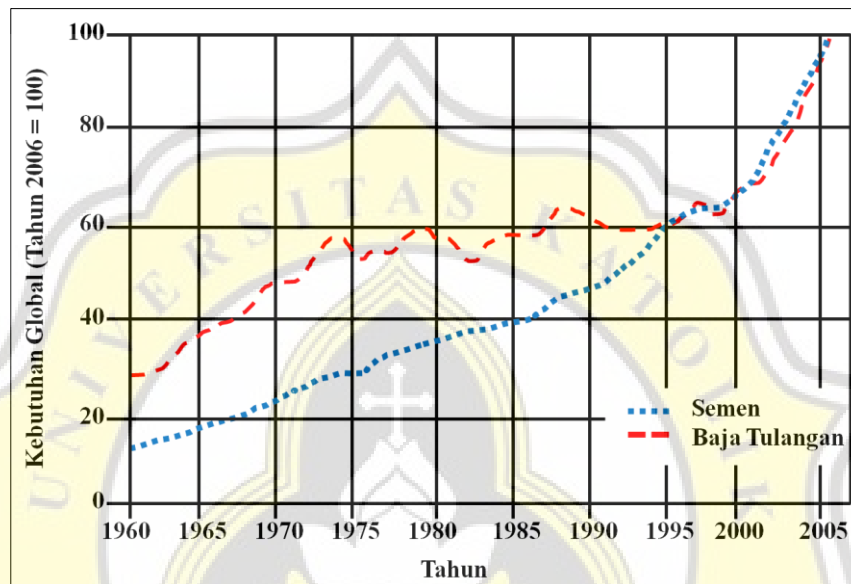


Gambar 1.1 Distribusi PDB Atas Dasar Harga Triwulan III/2020  
(Sumber: Diolah dari BPS, 2020)

Pembangunan infrastruktur yang gencar dilakukan, diiringi dengan meningkatnya kebutuhan material konstruksi atau *engineering materials*, jenis material dengan tingkat kebutuhan yang besar adalah semen dan baja tulangan (Allwood, dkk.,



2010). Sejak tahun 1960 hingga 2005, kebutuhan material konstruksi jenis semen dan baja tulangan mengalami peningkatan hingga empat kali lipat secara global seperti diperlihatkan pada Gambar 1.2. Menurut Allwood, dkk., (2010), kebutuhan ini diprediksi akan meningkat hingga dua kali lipat pada tahun 2050 dari jumlah yang ada pada tahun 2005.

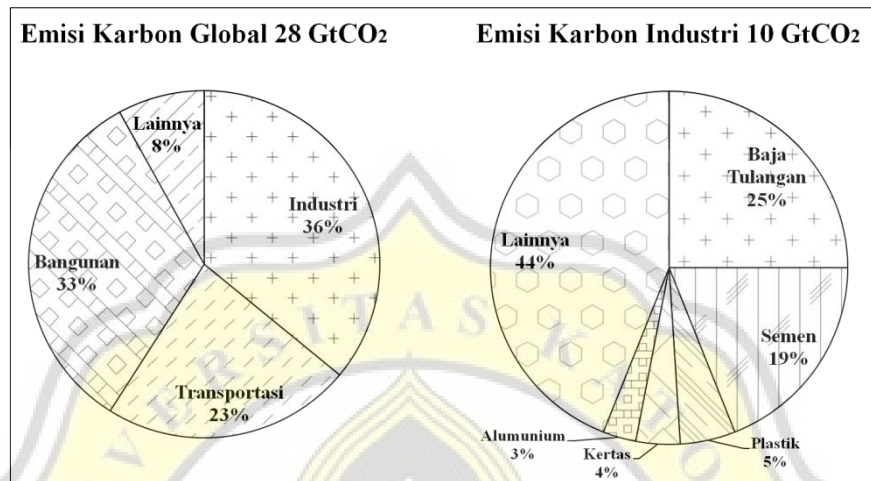


Gambar 1.2 Tingkat Kebutuhan Global Material Semen dan Baja Tulangan (Sumber: Diolah dari Allwood, dkk., 2010)

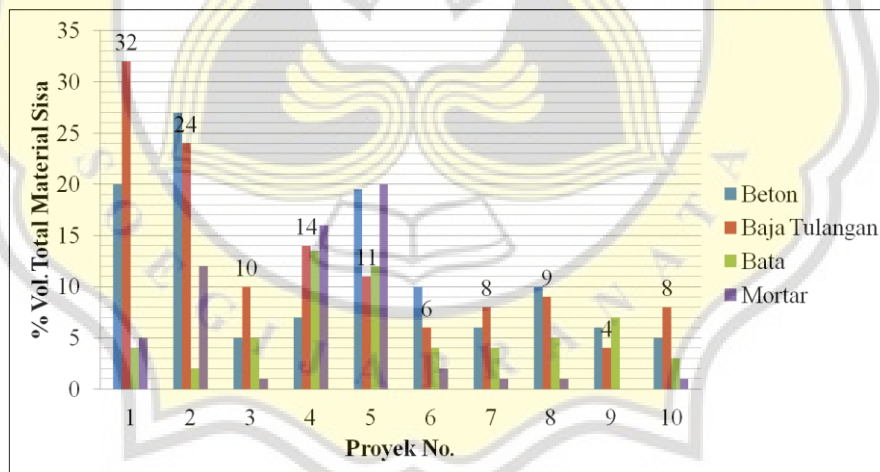
Kebutuhan global yang meningkat terhadap material konstruksi turut disertai dengan meningkatnya kegiatan produksi terhadap material tersebut. Hal ini dapat diketahui melalui jumlah emisi karbon dioksida yang dihasilkan selama produksi material (Allwood, dkk., 2010). Menurut Allwood, dkk., (2010), produksi baja tulangan mencakup 25% dari total emisi karbon dioksida yang dihasilkan sektor industri seperti diperlihatkan pada Gambar 1.3. Data ini mengindikasikan bahwa baja tulangan menjadi material dengan tingkat produksi yang dominan serta mengindikasikan tingkat permintaan dan kebutuhan yang lebih tinggi dibandingkan material konstruksi lain sehingga baja tulangan diproduksi lebih masif. Pada sisi lain, baja tulangan menghasilkan material sisa dengan jumlah signifikan seperti diperlihatkan pada Gambar 1.4. Berdasarkan penelitian Katz dan Baum (2011) terhadap material sisa proyek yang dihasilkan oleh sepuluh proyek



konstruksi sebagai sampel. Selanjutnya diindikasikan bahwa baja tulangan menjadi material sisa terbesar dengan volume 12,60% terhadap volume total material sisa yang ada.



Gambar 1.3 Emisi Karbon Dioksida yang Dihasilkan dari Produksi Material Konstruksi. (Sumber: Diolah dari Allwood, dkk., 2010)



Gambar 1.4 Distribusi Volume Relatif Terhadap Total Volume Material Sisa. (Sumber: Diolah dari Katz dan Baum, 2011)

Menurut Luangcharoenrat, dkk., (2019) baja tulangan menjadi salah satu kategori material sisa yang paling banyak dihasilkan proyek di seluruh dunia terutama di kawasan dengan pembangunan pesat seperti Uni Eropa, Inggris, dan Amerika Serikat. Material sisa konstruksi ini bahkan mewakili 31% dari seluruh limbah



yang dihasilkan di kawasan Uni Eropa (Rodrigues, dkk., 2013). Menurut Luangcharoenrat, dkk., (2019), terdapat lima faktor yang menyebabkan baja tulangan menjadi kategori material sisa terbanyak. Lima faktor tersebut adalah perubahan desain bangunan, kelebihan material, sisa material saat proses pengemasan, kesalahan desain, dan faktor cuaca buruk. Sementara di kawasan Indonesia dan Malaysia, penyebab baja tulangan menjadi kategori material sisa terbanyak adalah adanya pekerjaan ulang, pekerjaan yang ditunda atau *delay*, pekerja yang tidak terampil, minimnya pengawasan, kesalahan desain dan eror, serta kurangnya akurasi selama tahap perencanaan atau estimasi (Luangcharoenrat, dkk., 2019). Berdasarkan sejumlah faktor yang telah disebutkan, faktor kesalahan desain serta tidak akuratnya perencanaan atau estimasi menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Lebih lanjut, proses estimasi volume baja tulangan adalah tahapan yang krusial dalam penentuan BOQ (*Bill of Quantity*) pada semua jenis proyek. Zheng, dkk., (2019) menyatakan bahwa pekerjaan penulangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap BOQ. Pada struktur beton bertulangan biasa, volume penulangan mencakup 16% dari total anggaran proyek, sementara pada struktur yang didominasi baja tulangan, volume penulangan dapat mencapai 60% dari keseluruhan anggaran (Zheng, dkk., 2019). Oleh karena itu, apabila volume baja tulangan tidak diestimasi dengan benar maka akan berdampak pada pemborosan anggaran dan pembengkakan anggaran proyek. Pemborosan anggaran proyek diindikasikan dengan adanya volume sisa material dalam jumlah besar, sementara pembengkakan anggaran ditunjukkan dengan adanya pengadaan baja tulangan tambahan karena kebutuhan material ternyata lebih besar dari estimasi awal. Untuk meminimalisir hal ini, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai estimasi volume yang dimuat dalam BOQ.

Material sisa serta pengadaan ulang baja tulangan menjadi dua penyebab anggaran proyek tidak efisien. Permasalahan ini dapat dihindari dengan menerapkan metode estimasi volume penulangan yang akurat. Sebagai contoh, sisa baja tulangan disebabkan oleh pengadaan baja tulangan dengan panjang standar atau panjang utuh meskipun panjang yang dibutuhkan lebih pendek (Porwal dan Hewage,



Tugas Akhir

Studi Perbandingan Estimasi *Bill of Quantity* pada Pekerjaan Penulangan *Pile Cap*, Pilar Tunggal dan Ganda Jalan Layang Antara Metode Konvensional dan BIM (*Building Information Modeling*)

2012). Hal ini juga disebabkan tidak optimalnya pengalihan panjang baja tulangan yang tersisa untuk kebutuhan tulangan lain. Untuk mereduksi sisa baja tulangan selama proses estimasi, digunakan sejumlah metode sebagai alat bantu. Salah satu metode yang umum digunakan adalah estimasi konvensional yang dilakukan secara manual, namun metode ini dianggap belum akurat bila dibandingkan dengan metode lain seperti metode BBS (*Bar Bending Schedule*) karena hanya mempertimbangkan panjang dan jumlah tulangan (Datin, 2020). Meski demikian, estimasi dengan metode *bar bending schedule* membutuhkan waktu perhitungan yang relatif lama dan rumit. Hal ini karena bentuk baja tulangan, dimensi baja tulangan, serta optimalisasi sisa baja tulangan turut diestimasi dalam metode ini (Angir, dkk., 2017). Contoh format metode konvensional diperlihatkan pada Gambar 1.5.

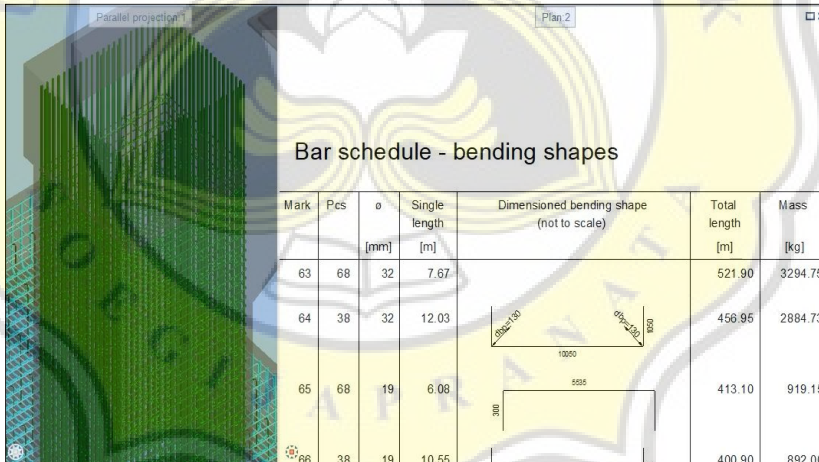
NO	BAR SHAPE	JUMLAH	Φ (mm)	Berat/m (kg)	Panjang potongan (m)	Jumlah Potongan (pcs)	Jumlah Berat (kg)	Material			total
								Panjang/btg (m)	Cut (pcs)	waste per bgt (m)	
A JETTY 7											
1	PILE CAP TYPE PC.1										
A) Tulangan Utama Atas											
		2	25	3,85	12,000	14	646,80	12	1	-	14,0
		2	25	3,85	12,000	14	646,80	12	1	-	14,0
		2	25	3,85	1,950	14	105,11	12	5	2,250	2,8
Panjang Pile Cap = 20,000 M Jumlah per unit Pile = 7 Pcs											
B) Tulangan Utama Tengah											
		2	25	3,85	12,000	8	369,60	12	1	-	8,0
		2	25	3,85	9,100	8	280,28	12	1	2,900	8,0
Panjang Pile Cap = 20,000 M Jumlah per unit Pile = 4 Pcs											

Gambar 1.5 Format Tabel Metode Konvensional dengan BBS Sebagai Acuan (Sumber: Diolah dari *Department Industrial Plant PT. X*, 2015)

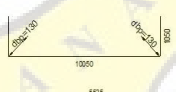

Keterbatasan yang terkait dengan tingkat akurasi metode konvensional mendorong industri AEC (*Architecture, Engineering, Construction*) untuk mengadopsi penggunaan BIM (*Building Information Modeling*) dalam proyek konstruksinya (Kim, dkk., 2019) termasuk dalam hal metode estimasi volume penulangan. Menurut *The National Building Information Model Standard Project Committee*, saat ini BIM telah mencakup hampir semua dimensi proyek, dimulai dari pemodelan realistik (3D), penjadwalan proyek (4D), estimasi biaya proyek



(5D), siklus hidup dan operasional bangunan (6D) hingga manajemen fasilitas (7D). Menurut Porwal dan Hewage (2012), BIM merupakan alat bantu yang digunakan industri AEC untuk mengoptimalkan proses desain, perencanaan, penyusunan dokumen serta koordinasi antar pihak yang terlibat dalam proyek tersebut. Dalam hal estimasi baja tulangan, BIM dapat memfasilitasi tim proyek untuk meninjau desain arsitektur dan struktural secara bersamaan sehingga perubahan desain penulangan dapat dilakukan dengan cepat. Salah satu perangkat lunak berbasis BIM yang dapat mengoptimalkan volume baja tulangan dalam proses estimasinya adalah *Allplan Engineering*. Aplikasi yang dikembangkan oleh *Nemetschek Engineering GmbH* (Jerman) ini menjadi salah satu *platform* BIM yang digunakan secara luas di dunia (Xie, dkk., 2018). Menurut Xie (2018), penggunaan *Allplan Engineering* pada proyek rumah tinggal mampu meningkatkan efisiensi tahap desain hingga 21% serta mereduksi tingkat kesalahan desain hingga 100% (*Excellent*).



Bar schedule - bending shapes

Mark	Pcs	o	Single length [mm]	Dimensioned bending shape (not to scale)	Total length [m]	Mass [kg]
63	68	32	7.67		521.90	3294.75
64	38	32	12.03		456.95	2884.73
65	68	19	6.08		413.10	919.15
66	38	19	10.55		400.90	892.00

Gambar 1.6 Format Tabel Volume Baja Tulangan Dalam Aplikasi *Allplan Engineering* 2021

Sejumlah penelitian terdahulu yang membahas tentang perhitungan volume material baik konvensional maupun berbasis BIM, lebih fokus pada tahap pelaksanaan proyek dan sudut pandang pihak pelaksana. Lebih lanjut, objek penelitian terbatas pada struktur rumah tinggal dan *high rise building* saja. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian dengan cakupan yang berbeda untuk membuktikan dan membandingkan akurasi estimasi volume penulangan antara



metode konvensional dan metode berbasis BIM. Selain itu, untuk mengakomodasi keterbatasan penelitian terdahulu, penelitian ini berfokus pada tahap perencanaan atau sudut pandang perencana, serta menggunakan tipe struktur yang berbeda yaitu pilar jalan layang yang terdiri dari struktur *pile cap*, struktur kolom dan struktur *pier head* sebagai objek penelitian. Dalam penelitian ini, tahapan estimasi yang menjadi fokus utama adalah tahapan estimasi QTO (*Quantity Take Off*), sementara tahapan estimasi biaya tidak dibahas dalam penelitian ini.

Lebih lanjut, penelitian ini juga menyoroti kelebihan dan keterbatasan antara kedua metode sebagai bahan perbandingan. Aspek atau parameter perbandingan yang digunakan adalah aspek evaluasi metode estimasi, aspek waktu penyelesaian estimasi dan aspek volume hasil estimasi. Aspek evaluasi metode estimasi mencakup kemudahan proses estimasi dan fitur yang dapat diakomodasi oleh setiap metode. Aspek waktu penyelesaian estimasi mencakup durasi estimasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan volume baja tulangan dari struktur yang ditinjau menggunakan kedua metode. Aspek volume hasil estimasi adalah parameter yang membandingkan selisih volume penulangan yang dihasilkan kedua metode. Dengan demikian, metode estimasi yang paling optimal antara metode konvensional dan berbasis BIM dapat ditentukan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana hasil estimasi volume baja tulangan antara metode estimasi konvensional dan berbasis BIM ditinjau dari aspek volume hasil estimasinya ?
- b. Bagaimana implementasi ketentuan perpanjangan lurus dan diameter tekukan baja tulangan berdasarkan standar acuan yang digunakan dalam metode estimasi ditinjau dari aspek volume hasil estimasinya ?
- c. Bagaimana perbandingan antara metode estimasi konvensional dan berbasis BIM ditinjau dari aspek evaluasi metode estimasinya ?
- d. Bagaimana perbandingan antara metode estimasi konvensional dan berbasis BIM ditinjau dari aspek waktu penyelesaian estimasinya ?



### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah :

- a. Membuktikan kebenaran hipotesis penelitian berdasarkan hasil estimasi volume baja tulangan pada struktur *pile cap*, pilar tunggal dan pilar ganda jalan layang antara metode konvensional dan BIM.
- b. Mengetahui hasil estimasi volume baja tulangan antara metode konvensional dan berbasis BIM untuk menentukan metode yang paling ideal berdasarkan hasil estimasi yang paling minimal atau realistis.
- c. Mengetahui metode yang paling mampu mengimplementasikan ketentuan perpanjangan lurus dan diameter tekukan baja tulangan berdasarkan standar acuan yang digunakan dalam penelitian.
- d. Mengetahui perbandingan antara metode estimasi konvensional dan berbasis BIM ditinjau dari aspek evaluasi metode estimasi untuk menentukan metode yang paling ideal berdasarkan kelengkapan fiturnya.
- e. Mengetahui perbandingan antara metode estimasi konvensional dan berbasis BIM ditinjau dari aspek waktu penyelesaian estimasi untuk menentukan metode dengan durasi pengerjaan paling singkat.

### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Jenis struktur yang ditinjau dalam estimasi volume pekerjaan penulangan adalah struktur *pile cap*, struktur pilar tunggal (*Single pier*) yang terdiri dari satu buah kolom dan satu *pier head* serta struktur pilar ganda (*Portal pier*) yang terdiri dari sepasang kolom dan *pier head*.
- b. Estimasi volume pekerjaan yang digunakan dalam penelitian hanya pada pekerjaan penulangan atau *rebar QTO (Quantity Take Off)*.
- c. Estimasi biaya atau anggaran (*Bill or cost*) dari pekerjaan penulangan tidak dihitung dalam penelitian ini.
- d. Aspek atau parameter pembanding adalah aspek evaluasi metode estimasi, aspek waktu penyelesaian estimasi dan aspek volume hasil estimasi.





- e. Metode konvensional yang digunakan dalam penelitian adalah estimasi manual dan menggunakan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu.
- f. Metode berbasis BIM dalam penelitian ini adalah menggunakan perangkat lunak *Allplan Engineering* versi 2021.
- g. Standar acuan yang digunakan pada metode konvensional dan metode berbasis BIM adalah ACI (*American Concrete Institute Association*) seri *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14)* berdasarkan *ACI Detailing Manual 2004 Publication SP-66 (04)*.

### 1.5. Hipotesis Penelitian

Dugaan awal atau hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

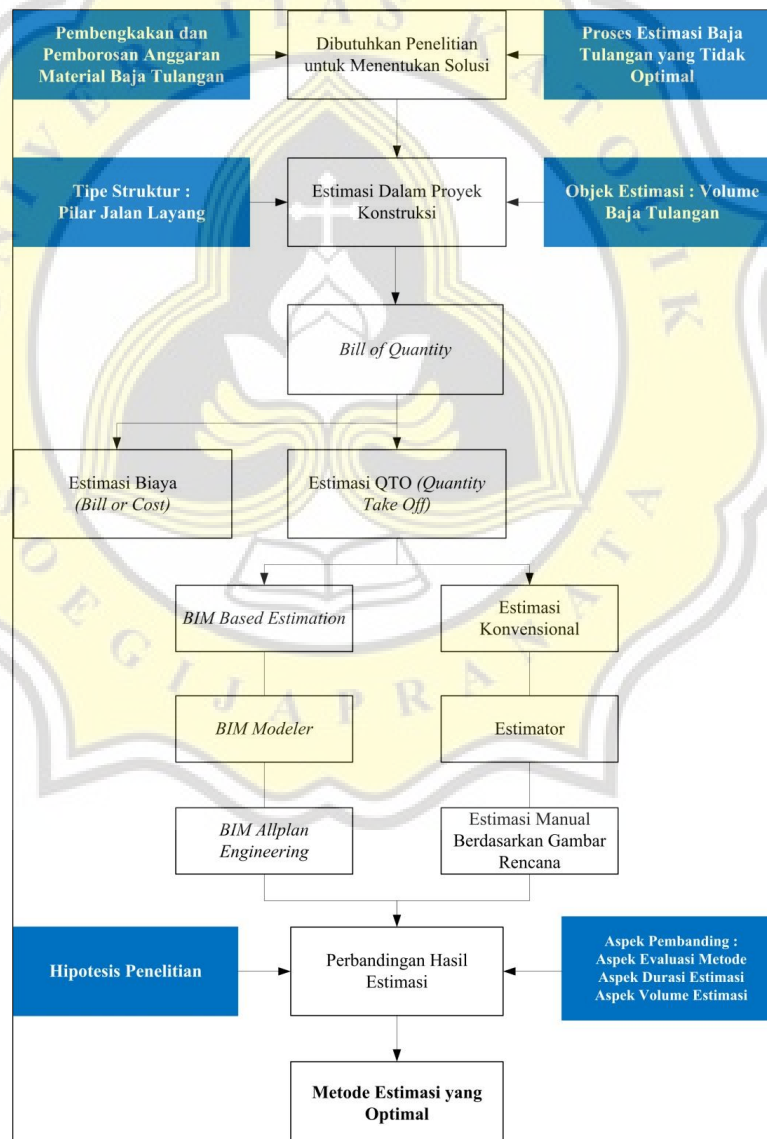
- a. Hasil estimasi volume penulangan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM relatif sama pada struktur yang memiliki bentuk simetris atau sederhana.
- b. Hasil estimasi volume penulangan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM memiliki selisih yang besar pada struktur dengan bentuk asimetris atau relatif rumit.
- c. Metode estimasi berbasis BIM memiliki durasi pengerjaan yang lebih singkat dibanding metode estimasi konvensional.
- d. Metode konvensional lebih transparan dibanding metode berbasis BIM karena alur estimasinya dapat dilacak atau ditelusuri.

### 1.6. Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disusun kerangka pikir penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 1.7. Berdasarkan alur pada Gambar 1.7, dapat diketahui bahwa faktor utama yang menjadi latar belakang penelitian yaitu meminimalisir pembengkakan dan pemborosan anggaran proyek akibat proses estimasi yang tidak optimal. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan suatu penelitian untuk menentukan metode estimasi yang optimal khususnya antara metode konvensional dan metode berbasis BIM. Pada penelitian ini, tahap analisis diawali dengan meninjau gambar rencana penulangan struktur *pile cap*,



pilar tunggal dan pilar ganda jalan layang. Kemudian dilakukan proses estimasi sesuai dengan metode yang digunakan. Hasil estimasi dari metode konvensional dan metode berbasis BIM kemudian disusun dalam BOQ (*Bill of Quantity*) khususnya QTO (*Quantity Take Off*). Selanjutnya hasil estimasi kedua metode yang telah disusun akan dibandingkan satu sama lain berdasarkan aspek evaluasi metode estimasi, aspek waktu dan aspek volume pekerjaan penulangan. Hasil dari perbandingan tersebut selanjutnya dipadankan dengan hipotesis penelitian dan ketiga aspek pembanding untuk menentukan metode estimasi yang optimal.



Gambar 1.7 Kerangka Pikir Penelitian