

ANALISIS QUANTITY TAKEOFF PADA PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH JEMBATAN

Roja Nafiyah¹, Nunung Martina²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 16425

e-mail: rojanafiyah@gmail.com¹, nunung.martina@sipil.pnj.ac.id²,

ABSTRACT

Technological developments in the construction sector are expanding, also supported by government regulations. BIM (Building Information Modeling) is one of the technological developments in the construction world. It is expected to help workers minimize errors that will harm the project. Projects that humans still interpret are prone to errors due to human error. This study aims to model three dimensions that function to realize the plan, examine differences in the results of BIM-based quantity takeoff using Autodesk Revit software with conventional methods in one of the bridge structures in Cinere - Jagorawi Toll Project Section 3A, and interview BIM experts with an aim to determine the factors that can affect BIM-based QTO output from the user's perspective. The two QTO outputs produce a difference of $\pm 0.32\%$ in the volume of the concrete structure and $\pm 2.28\%$ in the reinforcement volume, where the BIM-based QTO results are lower than the conventional method. The factors that affect the output of BIM-based QTO from the user's point of view, namely (a) the long duration of BIM user's experience affects the accuracy and details in the modeling, which will affect the QTO output, and (b) the longer the duration of experience and practice time the higher the level of detail and accuracy. The results of the QTO are especially important in determining the overall project cost. An inaccuracy in conducting the QTO will have fatal consequences that can harm the project.

Keywords: Autodesk Revit, BIM (Building Information Modeling), Conventional Method, Quantity Takeoff.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di sektor dunia konstruksi semakin meluas, didukung juga oleh peraturan pemerintahan. BIM (Building Information Modeling) merupakan salah satu dari perkembangan teknologi di dunia konstruksi diharapkan dapat membantu para pekerjanya untuk meminimalkan terjadinya kesalahan-kesalahan yang akan merugikan proyek. Proyek yang masih berintrepetasi pada manusia rawan akan terjadinya kesalahan akibat human error. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan tiga dimensi yang berfungsi untuk merealisasikan rencana, meneliti perbedaan hasil dari quantity takeoff berbasis BIM menggunakan software Autodesk Revit dengan metode konvensional di salah satu struktur jembatan pada Proyek Tol Cinere-Jagorawi Seksi 3A, dan mewawancarai pakar BIM yang bertujuan mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi output QTO berbasis BIM dari perspektif pengguna. Kedua output QTO tersebut menghasilkan perbedaan $\pm 0,32\%$ pada volume struktur beton, dan $\pm 2,28\%$ pada volume penulangan, dimana hasil QTO berbasis BIM lebih rendah dari metode konvensional. Faktor-faktor yang mempengaruhi output QTO berbasis BIM dari sisi pengguna yaitu lama durasi pengalaman pengguna BIM mempengaruhi ketelitian dan kedetailan dalam pemodelan yang akan mempengaruhi output QTO, semakin lama durasi pengalaman dan waktu berlatih akan semakin tinggi tingkat kedetailan dan ketelitian. Hasil QTO sangat penting dalam menentukan biaya proyek keseluruhan, jikalau terdapat ketidak telitian dalam melakukan QTO akan berakibat fatal yang dapat merugikan proyek.

Kata kunci: Autodesk Revit, BIM (Building Information Modeling), Metode Konvensional, Quantity Takeoff.

PENDAHULUAN

Quantity takeoff merupakan bagian penting dari suatu proyek konstruksi, dikarenakan dapat dikontrolnya biaya

dari suatu proyek [1]. Umumnya, pekerjaan QTO dikerjakan dengan metode konvensional, dimana dikerjakan dengan menggunakan gambar dua dimensi dan menghitung

secara manual, dibantu oleh *software* Microsoft Excel. Namun, menghitung manual berdasarkan interpretasi manusia rawan terjadinya kesalahan, salah satunya yaitu human error itu sendiri, setelah diperbaiki tidak menjamin bahwa hasilnya akan benar [2]. Dalam proses QTO secara manual dari keseluruhan proyek dapat menghabiskan waktu sebanyak 50 – 80% dari waktu keseluruhan untuk perhitungan biaya proyek [3].

Pada fase konstruksi, QTO digunakan untuk membuat rencana penjadwalan, pembelian material, *tracking progress*, dan menghitung perubahan pesanan dan pembayaran pekerjaan diluar rencana [4]. Pekerjaan QTO memerlukan tingkat detail yang tinggi. Estimator yang menghasilkan QTO dengan metode manual, diharuskan untuk terbiasa dalam perhitungan yang rumit, material yang digunakan, dan memahami proses konstruksi dengan baik [5].

Pemodelan dengan cara tradisional membutuhkan waktu yang lebih lama daripada pemodelan menggunakan BIM, dikarenakan pemodelan tradisional dilakukan dengan memberikan informasi objek ke setiap elemen [6].

Building Information Modeling (BIM) merupakan teknologi yang inovatif di dunia konstruksi yang mempresentasikan implementasi teknologi dengan model *n-Dimensional* yang dihasilkan computer untuk mensimulasikan perencanaan, desain, konstruksi dan pengoperasian fasilitas [7]. Salah satu keunggulan BIM yaitu terhadap perubahan desain yang akan terjadi akan lebih efisien dari metode konvensional, dikarenakan perubahan parametrik yang menjaga konsistensi saat terjadi perubahan akan diperbarui pada semua tampilan gambar, dan mempermudah pekerjaan QTO akan perhitungan data kuantitas yang otomatis

langsung berubah pula [8], serta berbagi data pembiayaan dengan tim proyek sebagai pendekatan proyek dengan BIM terintegrasi [9].

Ditinjau dari professional industri di sektor konstruksi China, Adopsi BIM untuk industrial konstruksi Gedung sangat bergantung kepada negara dan dukungan dari *owner* dan *senior management*. Berhubungan dengan peraturan pemerintah untuk mendukung BIM, dan juga direkomendasikan agar perusahaan dapat mengorganisir para ahli untuk secara efektif mengevaluasi risiko yang terjadi dalam penyerapan BIM [10].

Implementasi BIM di Indonesia masih dalam masa pertumbuhan, yang terhambat oleh skill pekerja dan terbatasnya teknologi, dan dari pengaruh luar yaitu tingginya biaya investasi, tetapi permintaan client dengan harga yang rendah [11]. Tetapi, metode di Indonesia sudah didukung oleh Permen 12/PRT/M/2017 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design and Build*) [12].

Berdasarkan kapabilitas yang dimiliki BIM, dilakukanlah penelitian yang bertujuan untuk memodelkan, menganalisis perbandingan QTO berbasis BIM dan konvensional pada pekerjaan struktur bawah jembatan, dan juga mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi *output* QTO berbasis BIM dari perspektif pengguna. Dengan harapan penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk membantu mencapai tingkat efisien yg tinggi pada pembangunan proyek konstruksi pada proses perhitungan QTO berbasis BIM.

Untuk menghasilkan perhitungan volume dengan benar, estimator perlu mengerti dan memahami gambar desain yang *definitive*, gambar tersebut meliputi gambar denah, potongan, dan

detail, gambar-gambar tersebut melengkapi satu sama lain. Pada umumnya, satuan pekerjaan volume pekerjaan sebagai berikut [13]:

1. Pekerjaan dalam bentuk satuan lumpsum – ls
2. Pekerjaan dalam satuan panjang – m¹
3. Pekerjaan dalam satuan luas – m²
4. Pekerjaan dalam satuan volume – m³
5. Pekerjaan dalam satuan buah – bh

Dalam melakukan pengukuran kuantitas proyek menggunakan *software* Autodesk Revit yang biasanya digunakan untuk mendesain berbasis 3D seperti struktur, arsitektur, hingga Mekanikal, Elektrikal, Plumbing (MEP) dengan terintegrasi. Autodesk Revit memiliki kelebihan seperti Model 3D Structure, Design Model Arsitektur, Desain Instalasi MEP, perhitungan struktur, menghitung volume untuk kebutuhan BOQ dan juga penjadwalan [14]. Autodesk Revit juga memiliki kekurangan yaitu skill dari SDM yang menggunakan revit saat melakukan pemodelan, karena dapat menghasilkan model dibuat yang tidak sesuai, dan perlu waktu yang lebih lama dan harus teliti agar mendapatkan perhitungan volume yang akurat [15].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Lokasi penelitian yang diambil merupakan salah satu jembatan terdapat pada Proyek Jalan Tol Cinere – Jagorawi Seksi 3A yaitu Jembatan Ramp-5 Krukut *Junction*.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil *output* QTO berbasis BIM dengan metode konvensional, dan mewawancarai pengguna BIM QTO yang sudah berpengalaman untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi *output* QTO berbasis BIM dari perspektif

pengguna. Langkah-langkah untuk memperoleh data sebagai berikut:

1. Teknik Pengumpulan Data
Untuk mendapatkan data primer, dilakukan wawancara dengan pengguna BIM yang sudah berpengalaman lebih dari 3 tahun melakukan pekerjaan QTO. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu berupa shop drawing dan volume pekerjaan.

2. Teknik Pengolahan Data

Dimulai dengan memodelkan tiga dimensi struktur beton pada struktur bawah jembatan. Membuat tiga dimensi dari dua dimensi, menggunakan *software* Autodesk Revit 2022 *student version*, dimulai dari membuat *family* yang terlihat pada Gambar 1 sesuai dengan jenis struktur yang ada pada gambar dua dimensi, pilih jenis *family*, setelah itu membuat *reference line* sebagai garis acuan untuk memasukkan gambar dari file CAD dengan fungsi *Import CAD* pada Tab *Insert*. Untuk memodelkan *family*, pada Tab *create* terdapat 5 jenis fungsi di grup *Forms*, sesuaikan dengan bentuk struktur sesuai gambar dua dimensi.

Setelah pemodelan struktur beton pada struktur bawah jembatan sudah selesai, dapat dilanjutkan dengan pemodelan tiga dimensi dari rebar. Ada berbagai macam fungsi yang terdapat pada Tab *Structure* untuk membentuk tulangan di berbagai situasi. Tulangan akan terlihat sesuai rencana pada Gambar 2.

Untuk mendapatkan *output* tabel sesuai dengan informasi yang diharapkan dari *software* Autodesk Revit, dengan mengatur *Project Parameters*. Membuat *Project Parameters*, yang akan terlihat pada *Properties* seperti Gambar 3.

Konversi dari tiga dimensi menjadi lima dimensi yaitu dengan menampilkan *schedules* yang terdapat pada Tab *View* dengan memilih *Schedules/Quantities* di

grup *Create*. Hasil *Schedules* seperti pada Gambar 4 yang bisa di *export* kedalam format *.txt*.

Dalam menganalisis perbandingan QTO berbasis BIM dan Metode Konvensional, dengan rumus dibawah ini [16].

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Volume Konvensional} - \text{Volume BIM}}{\text{Volume BIM}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menggunakan *software* Autodesk Revit 2022 dan menampilkan hasil penelitian pada struktur bawah jembatan.

Hasil Pemodelan Struktur Beton

Hasil pemodelan struktur beton pada struktur bawah jembatan di tampilkan pada Gambar 5.

Hasil Pemodelan Penulangan

Hasil pemodelan penulangan struktur bawah jembatan akan di tampilkan salah satunya pada gambar Gambar 6.

Hasil Analisis QTO

Hasil analisis perbedaan QTO berbasis BIM menggunakan *software* Autodesk Revit dengan metode konvensional pada struktur bawah jembatan. Pekerjaan yang ditinjau yaitu pekerjaan struktur beton pada Tabel 1 seta grafik pada Gambar 7, dan pekerjaan penulangan yang akan ditampilkan pada Tabel 2 serta grafik pada Gambar 8.

Perbandingan *output* volume BIM dengan metode konvensional pada pekerjaan penulangan yang melebihi 4% perbedaan dipengaruhi oleh jumlah perkiraan panjang pada bbs konvensional pada Gambar 9 yang berbeda dengan BIM yang dapat menghasilkan panjang tulangan

persatuan batang lebih akurat yang ditampilkan pada Gambar 10.

Dari analisis perbandingan perhitungan QTO berbasis BIM dengan Metode Konvensional didapatkan Grafik perbedaan total volume beton dan volume tulangan Jembatan Ramp-5 Krukut pada Gambar 11 dan persentase rata-rata pada Gambar 12.

Hasil Wawancara

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi dari *output* QTO berbasis BIM dari perspektif pengguna dilakukan wawancara dengan pengguna BIM pada pekerjaan QTO yang sudah berpengalaman 3 tahun. Hasil dari wawancara yaitu:

1. Dengan menerapkan metode BIM dalam proses QTO dengan *software* yang berlisensi akan mempersingkat waktu, menghasilkan detail tingkat tinggi dalam *outputnya*, dimana dalam pekerjaan penulangan akan menampilkan panjang bengkokkan yang lebih akurat, lebih presisi dalam dimensi, dan juga jauh dari kesalahan pada *human error*.
2. Standar dalam BIM Execution Plan yang dipakai setiap proyek berasal dari *request* klien. Tetapi, setiap perusahaan ada standarnya sendiri yang harus diikuti dalam semua proyek, seperti mengikuti Standar ISO.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan QTO, dari faktor internal seperti durasi pengalaman seseorang tidak terlalu mempengaruhi hasil perhitungan QTO, dikarenakan perusahaan sudah terdapat standarnya yang harus dipatuhi pada setiap proyek. Namun, pada proses sebelum perhitungan QTO yaitu pemodelan, tingkat kedetailan seseorang dapat mempengaruhi, dan faktor eksternal seperti *software* ataupun metode

dari BIM tidak mempengaruhi hasil QTO.

4. Semakin durasi pengalaman dari seorang pengguna, semakin sering Latihan akan meningkatkan tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat *output* akan semakin tinggi.

KESIMPULAN

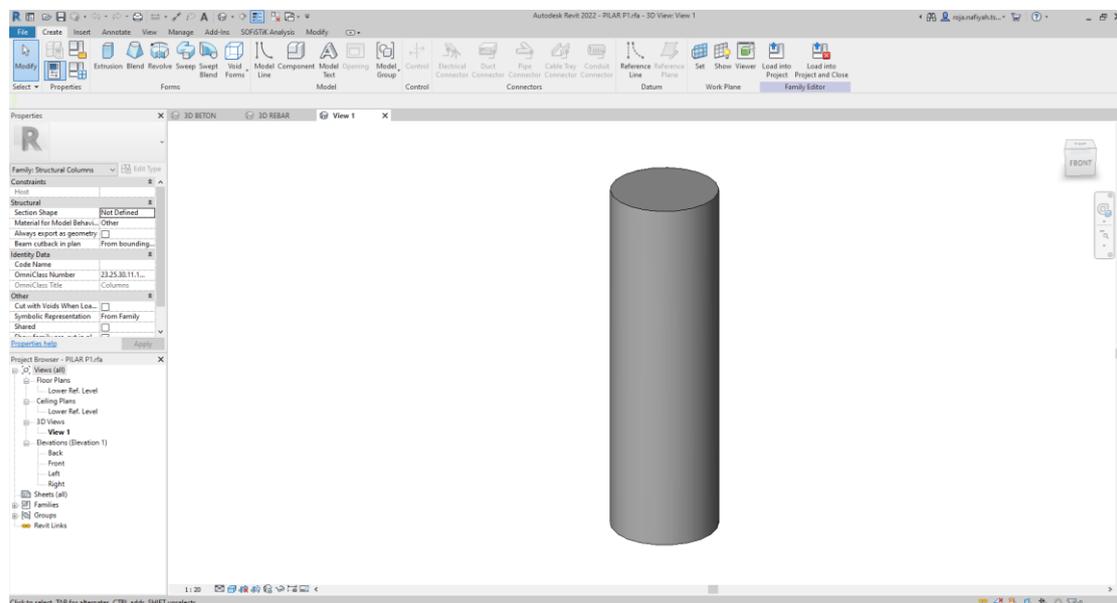
Perbandingan QTO pada Pekerjaan beton dengan perbedaan $\pm 0,32\%$, dan penulangan $\pm 2,28\%$, dengan persentase rata-rata perbedaan $\pm 1,3\%$ dimana menunjukkan QTO berbasis BIM lebih kecil dari hasil perhitungan dengan metode konvensional. Faktor yang mempengaruhi *output* QTO berbasis BIM yaitu dengan lama durasi pengalaman pengguna akan meningkatkan ke detailan dan tingkat keakurasi yang tinggi pada hasil QTO.

DAFTAR PUSTAKA

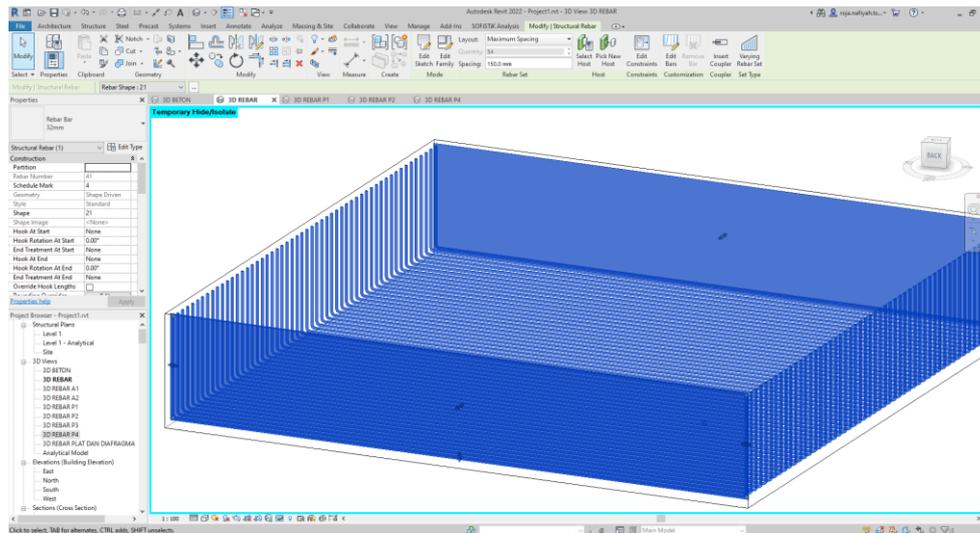
- [1] A. K. Nugraha, "... (Bim) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Plumbing (Implementation The Concept Of Building Information Modelling (Bim) In Quantity Take Off ...," 2020.
- [2] A. Monteiro and J. Poças Martins, "A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design," *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 238–253, 2013.
- [3] I. Ramdani, A. Rozandi, D. Budiman, and K. Elena, "Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Perumahan," vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [4] D. Bengé and J. Davidson, "RICS new rules of measurement," *R. Inst. Chart. Surv.*, pp. 1–400, 2012.
- [5] R. Apriansyah, "Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural," *Univ. Islam Indones.*, 2021.
- [6] S. Yun and S. Kim, "Basic Research on BIM-Based Quantity Take-off Guidelines," *Archit. Res.*, vol. 15, no. 2, pp. 103–109, 2013.
- [7] G. Kulasekara, H. S. Jayasena, and K. A. T. O. Ranadewa, "Comparative Effectiveness of Quantity Surveying in a Building Information Modelling Implementation," *Second World Constr. Symp. 2013 Socio-Economic Sustain. Constr.*, no. June, pp. 101–107, 2013.
- [8] W. P. Fung, H. Salleh, and F. A. Mohd Rahim, "Capability of Building Information Modeling Application in Quantity Surveying Practice," *J. Surv. Constr. Prop.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2014.
- [9] P. Smith, "Project Cost Management with 5D BIM," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 226, no. October 2015, pp. 193–200, 2016.
- [10] P. Wu, R. Jin, Y. Xu, F. Lin, Y. Dong, and Z. Pan, "The analysis of barriers to bim implementation for industrialized building construction: A China study," *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–13, 2021.
- [11] A. S. Telaga, "A review of BIM (Building Information Modeling) implementation in Indonesia construction industry," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 352, no. 1, 2018.
- [12] K. PUPR, *Modul 3 - Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM an Implementasinya Di Indonesia*, no. 1. Bandung, 2018.
- [13] BPSDM PU, "Modul 12 - Perhitungan Volume, Analisa

- Harga Satuan, RAB, dan Spesifikasi Teknis,” 2018.
- [14] P. M. Putri and V. K. Azies, *Permodelan Struktur Gedung 6 Lantai Dengan Menggunakan Aplikasi Autodesk Revit 2018 Untuk Perhitungan Volume*, vol. D. 2018.
- [15] D. Laorent, P. Nugraha, and J. Budiman, “Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit,” *Dimens. Utama Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [16] R. Jonathan and B. Anondho, “Perbandingan Perhitungan Volume Pekerjaan Dak Beton Bertulang Antara Metode Bim Dengan Konvensional,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 271, 2021.

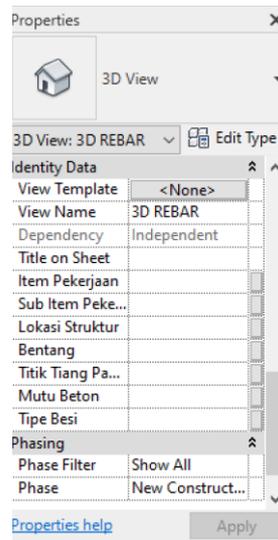
Lampiran Tabel dan Gambar



Gambar 1. Tampilan family Pier



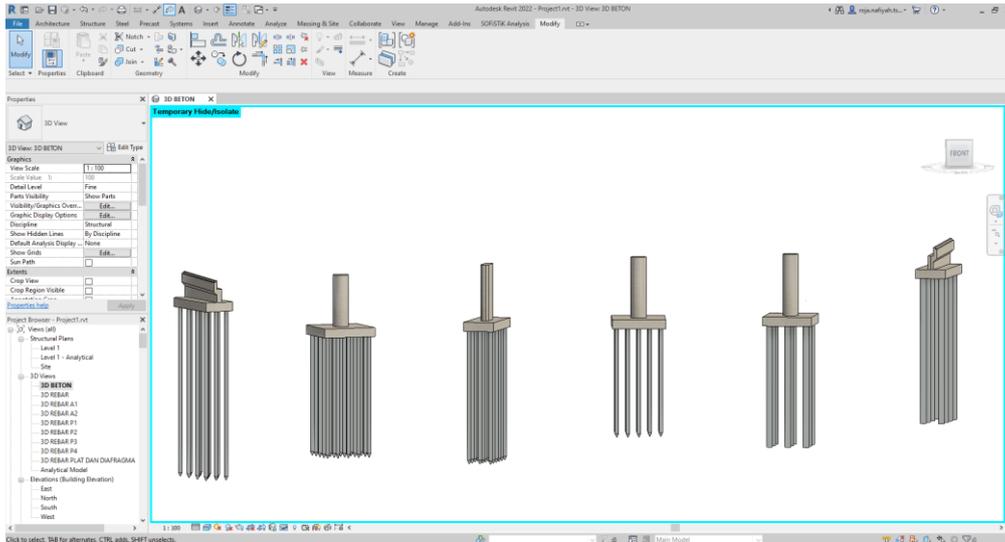
Gambar 2. Tampilan *Rebar* Terkonfigurasi



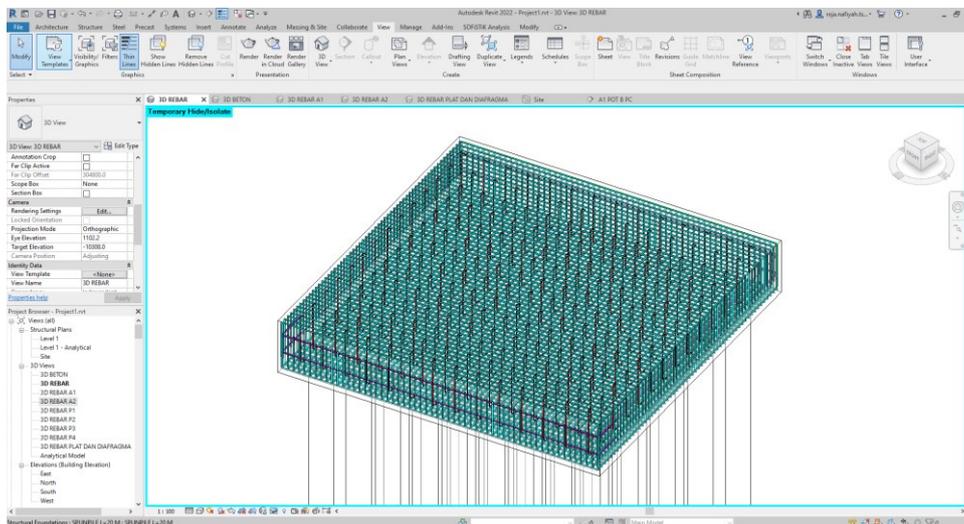
Gambar 3. Tampilan *Properties* yang sudah ditambahkan *Parameters*

<Volume Pekerjaan Struktur Abutment>				
A	B	C	D	E
Item Pekerjaan	Sub Item Pekerjaan	Lokasi Struktur	Mutu Beton	Volume
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Beton Pilecap	A1	K-350	91.49 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Wingwall A1	A1	K-350	5.72 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Dinding A1	A1	K-350	41.46 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Wingwall A1	A1	K-350	5.09 m ³
				143.76 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Wingwall A2	A2	K-350	5.42 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Dinding A2	A2	K-350	41.44 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Wingwall A2	A2	K-350	5.97 m ³
Pekerjaan Beton Abutment	Pekerjaan Beton Pilecap	A2	K-350	89.29 m ³
				142.13 m ³

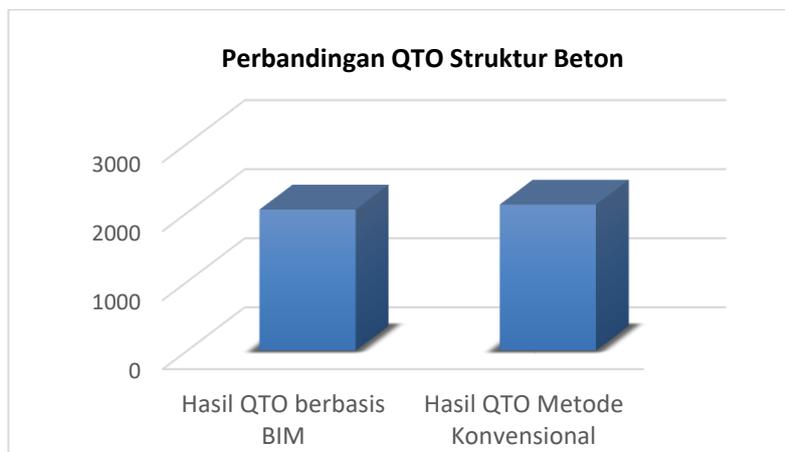
Gambar 4. Tampilan Hasil *Schedules*



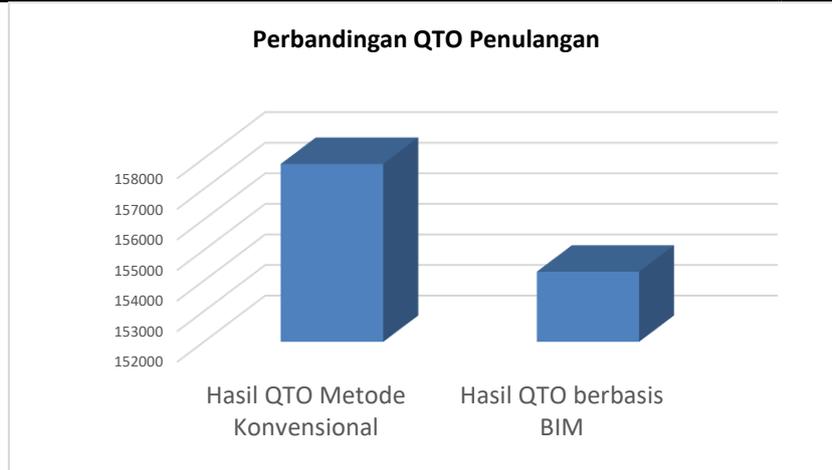
Gambar 5. Hasil Pemodelan Struktur Bawah Beton



Gambar 6 Hasil Pemodelan Penulangan pada Pilecap



Gambar 7. Grafik Perbandingan QTO Struktur Beton



Gambar 8. Grafik Perbandingan QTO Penulangan

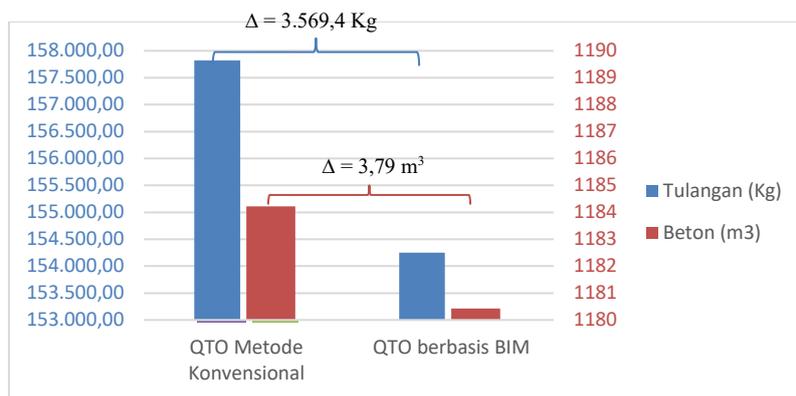
NAMA TUL.	DIA - JARAK	DIMENSI (mm)						PANJANG (mm)	JUMLAH	BERAT JENIS (Kg/m ³)	TOTAL BERAT (Kg)	KETERANGAN
		a	b	c	d	e	f					
A1	25 - 150	800	3570-4130	650			5150	80	3,850	1.586,20		
A2	16 - 150	100	5900	6560	100		12660	11	1,580	220,03		
A3	16 - 150	100	1400	3570-4130	500		5850	80	1,580	739,44		
A4	16 - 150	100	5900	6560	100		12660	17	1,580	340,05		
A5	19 - 150	150	500	1480	1770		3900	2	2,230	17,39		
A6	16 - 150	550	290	1950			2790	80	1,580	352,66		
A7	19 - 150	100	5900	6680	100		12780	80	2,230	2.279,95		
A8a	13 - 600/600	80	800	80			960	40	1,040	39,94		
A8b	13 - 600/600	80	1050	80			1210	20	1,040	25,17		
A8c	13 - 600/600	80	500	80			660	20	1,040	13,73		
A9	19 - 150	100	5900	6680	100		12780	7	2,230	199,50		
TOTAL										5.814,05		

D16 =	1.652,17 Kg
D19 =	2.496,84 Kg
D25 =	1.586,20 Kg
D32 =	- Kg
TOTAL	5.814,05 Kg

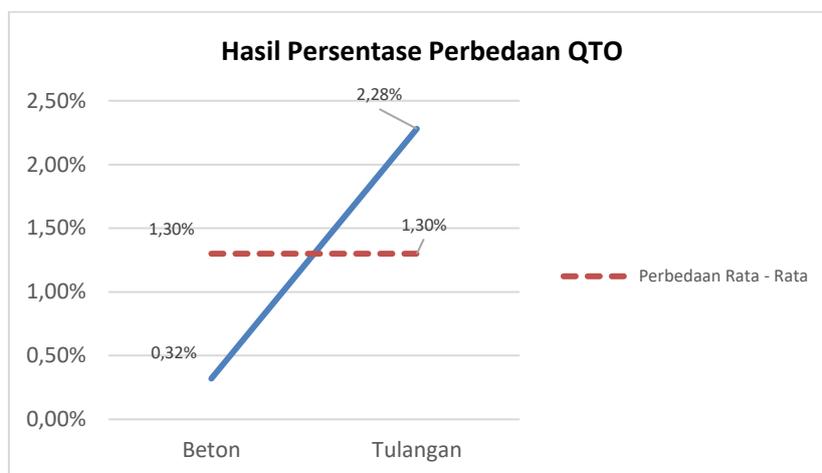
Gambar 9. Tabel Penulangan Dinding A2
Sumber: PT. PP Presisi Tbk.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Item Pekerjaan	Sub Item Pekerjaan	Lokasi Struktur	Type Besi	Type and size	Quantity	Reinforcement Vol	Berat Besi (Kg)	A	B	Total Bar Length
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1111,14 cm ³	8,72 kg	1395 mm	3615 mm	5550 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1112,56 cm ³	8,73 kg	1395 mm	3620 mm	5550 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1113,99 cm ³	8,74 kg	1395 mm	3630 mm	5550 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1115,42 cm ³	8,76 kg	1395 mm	3635 mm	5550 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1116,84 cm ³	8,77 kg	1395 mm	3640 mm	5575 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1118,27 cm ³	8,78 kg	1395 mm	3650 mm	5575 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1119,70 cm ³	8,79 kg	1395 mm	3655 mm	5575 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1121,12 cm ³	8,80 kg	1395 mm	3665 mm	5600 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1122,55 cm ³	8,81 kg	1395 mm	3670 mm	5600 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1123,98 cm ³	8,82 kg	1395 mm	3680 mm	5600 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1125,40 cm ³	8,83 kg	1395 mm	3685 mm	5600 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1126,83 cm ³	8,85 kg	1395 mm	3690 mm	5625 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1128,26 cm ³	8,86 kg	1395 mm	3700 mm	5625 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1129,68 cm ³	8,87 kg	1395 mm	3705 mm	5625 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1131,11 cm ³	8,88 kg	1395 mm	3715 mm	5650 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1132,54 cm ³	8,89 kg	1395 mm	3720 mm	5650 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1133,96 cm ³	8,90 kg	1395 mm	3725 mm	5650 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1135,39 cm ³	8,91 kg	1395 mm	3735 mm	5650 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1136,82 cm ³	8,92 kg	1395 mm	3740 mm	5675 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1138,24 cm ³	8,94 kg	1395 mm	3750 mm	5675 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1139,67 cm ³	8,95 kg	1395 mm	3755 mm	5675 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1141,10 cm ³	8,96 kg	1395 mm	3765 mm	5700 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1142,52 cm ³	8,97 kg	1395 mm	3770 mm	5700 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1143,95 cm ³	8,98 kg	1395 mm	3775 mm	5700 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1145,38 cm ³	8,99 kg	1395 mm	3785 mm	5700 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1146,80 cm ³	9,00 kg	1395 mm	3790 mm	5725 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1148,23 cm ³	9,01 kg	1395 mm	3800 mm	5725 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1149,66 cm ³	9,02 kg	1395 mm	3805 mm	5725 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1151,08 cm ³	9,04 kg	1395 mm	3810 mm	5750 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1152,51 cm ³	9,05 kg	1395 mm	3820 mm	5750 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1153,94 cm ³	9,06 kg	1395 mm	3825 mm	5750 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1155,36 cm ³	9,07 kg	1395 mm	3835 mm	5750 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1156,79 cm ³	9,08 kg	1395 mm	3840 mm	5775 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1158,22 cm ³	9,09 kg	1395 mm	3850 mm	5775 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1159,64 cm ³	9,10 kg	1395 mm	3855 mm	5775 mm
Pekerjaan Penulangan	Penulangan Dinding Abut	A2	A3 D16 - 150	16mm	1	1161,07 cm ³	9,11 kg	1395 mm	3860 mm	5775 mm

Gambar 10. Output QTO BIM Volume Penulangan A2



Gambar 11. Grafik Perbandingan Volume Total Beton dan Volume Total Penulangan



Gambar 12. Hasil Presentase Perbedaan QTO

Tabel 1. Perbandingan QTO Struktur Beton

Item Pekerjaan	Vol. Konvensional (m ³)	Vol. BIM (m ³)	Perbedaan (%)
Pekerjaan Bore Pile	309,36	309,52	0,05%
Pekerjaan Spun Pile	23,6	23,6	0%
Pekerjaan Pilecap	586,58	584,43	0,37%
Pekerjaan Pier	179,97	179,98	0,01%
Pekerjaan Dinding Abutment	84,71	82,9	2,18%
TOTAL	1.184,22	1.180,43	0,32%

Tabel 2. Perbandingan QTO Penulangan

Item Pekerjaan	Vol. Konvensional (Kg)	Vol. BIM (Kg)	Perbedaan (%)
Pekerjaan Bore Pile	45.635,85	45.682,86	0,10%
Pekerjaan Spun Pile	6.068,25	5.833,79	4,02%
Pekerjaan Pile Cap	61.720,76	59.371,36	3,96%
Pekerjaan Pier	34.198,56	33.297,01	2,71%
Pekerjaan Dinding Abutment	10.195,50	10.109,50	0,85%
TOTAL	157.818,92	154.294,52	2,28%