

QUANTITY TAKE-OFF PEKERJAAN STRUKTUR BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR PELAYANAN PAJAK PRATAMA BALIGE

Muhammad Fadillah¹, Nofriadi²

¹Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Medan

Email: muhammadfadillah@students.polmed.ac.id

²Program Studi D3 Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan

Abstrak. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 22 Tahun 2018 menyatakan bahwa penggunaan *Building Information Modeling (BIM)* wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara. Salah satu keluaran dari perancangan menggunakan *BIM* adalah rincian volume pelaksanaan pekerjaan atau *quantity take-off*. *Quantity Take-Off* merupakan salah satu upaya dari perhitungan volume, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk menyusun *BOQ* dalam tender. Saat ini sebagian besar perhitungan volume pekerjaan dilakukan secara manual dibantu dengan program *Microsoft Excel*, hal tersebut memungkinkan kesalahan dikarenakan ketidaktepatan estimator. Penelitian ini membandingkan antara perhitungan volume pekerjaan secara otomatis dan secara manual oleh konsultan. *Modelling* dilakukan menggunakan *software Tekla Structures* berdasarkan gambar *DED* konsultan perencana. *Tekla Structures* kemudian akan menghitung secara otomatis volume pekerjaan. Penerapan konsep *BIM* menggunakan *Tekla Structures* memberikan hasil perhitungan *quantity take-off* yang lebih akurat, lebih cepat dan bisa dipertanggung jawabkan. Berdasarkan penelitian ini diperoleh perbandingan hasil *Tekla Structures* terhadap *BOQ* konsultan perencana sebesar 98,45% untuk beton, 94,30% untuk bekisting dan 100,004 % untuk pembesian.

Kata kunci: *Quantity Take-Off*, *Tekla Structures*, BIM

Diterima Redaksi: 24-05-2022 | Selesai Revisi: 14-11-2022 | Diterbitkan Online: 31-05-2022

1. PENDAHULUAN

Di era milenial saat ini, dunia konstruksi dituntut untuk bisa mengikuti perkembangan zaman. Saat ini dunia konstruksi memasuki era yang kita sebut sebagai era industri 4.0. Era tersebut menuntut para pekerja atau pelaku bidang konstruksi untuk memanfaatkan teknologi sebaik-baiknya, serta tetap mempertimbangkan sumber daya alam secara efektif dan efisien.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2018 menyatakan bahwa penggunaan *Building Information Modelling (BIM)* wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² (dua ribu meter persegi) dan diatas 2 (dua) lantai., maka diperlukan upaya tindak lanjut yang komprehensif untuk mendukung penerapannya di lapangan sehingga kedepannya *BIM* dapat menjadi mandatory dan memberikan nilai tambah di setiap proyek pembangunan infrastruktur PUPR.

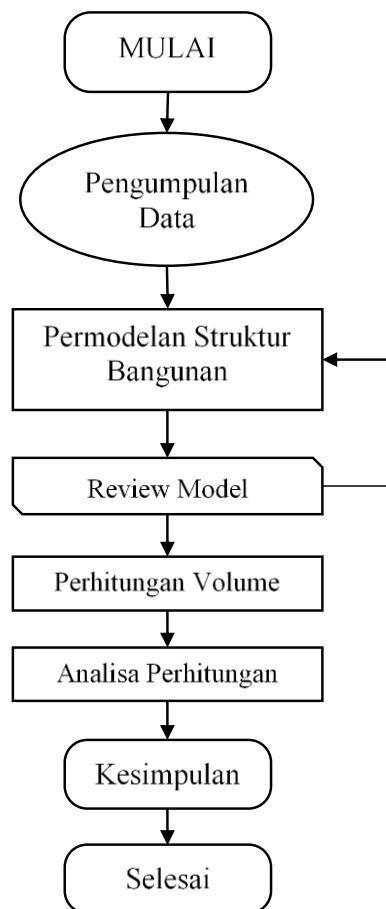
Salah satu keluaran dari perancangan menggunakan *BIM* adalah rincian volume pelaksanaan pekerjaan atau *Quantity Take-Off (QTO)*. Sebagian besar *software* yang berbasis *BIM* memiliki fitur untuk melakukan perhitungan quantity (volume) dari data geometri yang ada pada model tersebut.

Quantity Take-Off (QTO) yang berbasis *BIM* memiliki keluaran (*output*) yang lebih sederhana, lebih akurat dan lebih detail daripada perhitungan *QTO* secara manual. Namun fitur ini cukup sulit digunakan dan hanya digunakan oleh yang sudah ahli (Alshabab, Bysotskiy & Petrochenko, 2017). Permodelan gedung berdasarkan dokumen *DED*. Selanjutnya model kembali di review dan *BIM* Model tersebut dihitung volumenya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan *software* tersebut untuk pekerjaan *QTO* (Regina Citra Pesela, 2019).

Penggunaan *software* Tekla Structures untuk pekerjaan *Quantity Take-Off* sangat jarang dilakukan di proyek konstruksi Indonesia. Oleh karena itu penelitian ini akan menganalisis hasil dari keluaran dan efisiensi dari penggunaan *software* tersebut untuk melakukan *Quantity Take-Off*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diolah secara kuantitatif dengan persamaan relevan dimana hasilnya dipaparkan secara kualitatif dan pengambilan kesimpulan secara induktif menghasilkan perbandingan volume pekerjaan konsultan perencanaan dengan pemodelan di *software* Tekla Structures. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah rangkaian kegiatan sebelum memulai untuk mengumpulkan data dan mengolahnya. Pada tahap ini disusun hal-hal penting yang akan dilakukan agar data yang dikumpulkan nanti sesuai dengan apa yang diharapkan dan untuk menghindari pekerjaan yang berulang, sehingga tahap pengumpulan data menjadi optimal dan efisien. Kegiatan persiapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mengamati kembali data primer apakah telah sinkron dengan gambar, rks dan *bill of quantity*.
2. Studi pustaka terhadap software yang digunakan yaitu Tekla Structures 2019 dan menentukan variabel penelitian.

Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data adalah tahap kedua setelah tahap persiapan sudah dilakukan secara matang. Pada tahap ini, data-data yang perlu dikumpulkan untuk nantinya diolah sebagai berikut.

1. Data *BoQ (Bill of Quantity)* Proyek Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige.
Kegunaan: Data ini digunakan untuk mengetahui berapa hasil volume yang telah dihitung oleh konsultan perencana
2. Gambar Detailed Engineering Design Proyek Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige.
Kegunaan: Gambar ini digunakan sebagai pedoman yang akan untuk memodelkan bangunan di *software* yang sudah dibuat oleh konsultan perencana.

Tahap Pemodelan dan Analisis

Pada tahap ini dilakukan dengan cara menghitung volume pekerjaan struktur dengan cara pendekatan *BIM*. Perhitungan volume pekerjaan struktur dilakukan dengan cara menghitung menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* berdasarkan format yang sudah ada. Perhitungan volume pekerjaan berdasarkan standar detail dan *detailing* yang terdapat pada gambar bestek.

Perhitungan volume pekerjaan dengan cara pendekatan *BIM* dilakukan dengan bantuan *software Tekla Structures*. Tahap awal adalah *exporting* Gambar *DED* ke dalam *workspace Tekla Structures*. Setelah diimport kedalam *Tekla Structure* kemudian dibuat pemodelan struktur seperti tulangan, bekisting dan model strukturnya berdasarkan gambar bestek yang sudah didapat. Setelah pemodelan selesai dan sesuai dengan standar detail dan *detailing* penulangan yang terdapat pada gambar bestek, dari data tersebut selanjutnya diolah menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, perbandingan volume pekerjaan berdasarkan *BIM* dan *DED* pada Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

1. Pekerjaan Struktur Bawah

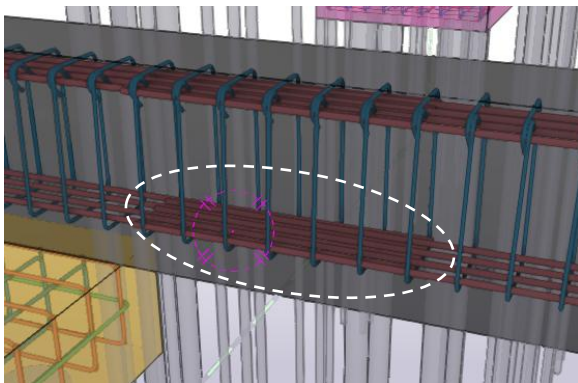
Tabel 1: Pekerjaan Struktur Bawah

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
1	PEKERJAAN PONDASI SPUN PILE ø30 cm				
1.1	Pondasi Spun Pile ø30 cm	titik	134	134	100,00%
2	PEKERJAAN PILE CAP				
2.1	Pile Cap (P1) 80 x 80 cm				
2.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	0,64	0,64	100,00%
2.1.2	Bekisting	m ²	3,2	3,2	100,00%
2.1.3	Pembesian	kg	92,170	71,526	77,60%
2.2	Pile Cap (P2) 180 x 180 cm				
2.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	7,2	7,2	100,00%
2.2.2	Bekisting	m ²	26	26	100,00%
2.2.3	Pembesian	kg	1013,230	708,314	69,91%
2.3	Pile Cap (P3) 180 x 170 cm				
2.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	45,9	45,9	100,00%
2.3.2	Bekisting	m ²	105	105	100,00%
2.3.3	Pembesian	kg	4488,510	3.639,106	81,08%
2.4	Pile Cap (P4) 180 x 180 cm				
2.4.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	9,72	9,72	100,00%
2.4.2	Bekisting	m ²	21,6	21,6	100,00%
2.4.3	Pembesian	kg	939,370	828,387	88,19%
3	PEKERJAAN SLOOF				
3.1	SLOOF 30/50 cm				
3.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	71,4	70,53	98,78%
3.1.2	Bekisting	m ²	476	470,2	98,78%
3.1.3	Pembesian	kg	9613,940	10.200,623	106,10%
4	PEKERJAAN PEDESTAL				
4.1	Pedestal (50 x 50) cm				
4.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	0,5	0,5	100,00%
4.1.2	Bekisting	m ²	4	4	100,00%
4.1.3	Pembesian	kg	114,864	112,590	98,02%
4.2	Pedestal (60 x 60) cm				
4.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	12,96	12,96	100,00%
4.2.2	Bekisting	m ²	86,4	86,4	100,00%
4.2.3	Pembesian	kg	2725,120	2.618,48	96,09%
4.3	Pedestal (80 x 80) cm				
4.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	2,56	2,56	100,00%
4.3.2	Bekisting	m ²	12,8	12,8	100,00%
4.3.3	Pembesian	kg	513,010	510,988	99,61%
4.4	Pedestal (60 x 80) cm				
4.4.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	2,88	2,88	100,00%

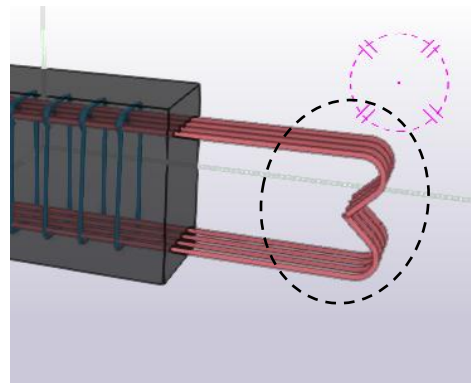
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
4.4.2	Bekisting	m ²	16,8	16,8	100,00%
4.4.3	Pembesian	kg	563,78	555,690	98,57%

Pekerjaan pembesian *Pile Cap* tipe P1 berdimensi 80 x 80 cm volume DED memiliki hasil 92,170 kg dan volume BIM memiliki hasil 71,526 kg, penulis menyimpulkan bahwa perencana tidak menghitung selimut beton untuk menghitung pembesian sehingga menyebabkan panjang tulangan menjadi lebih besar.

Pekerjaan beton sloof 30/50 volume DED memiliki hasil 71,4 m³ dan volume BIM memiliki hasil 70,53 m³, penulis menyimpulkan bahwa perencana menghitung sloof dihitung dari as ke as bangunan sedangkan model pada *Tekla Structures* telah otomatis membuat bahwa sloof dihitung dari tepi kolom. Pekerjaan pembesian sloof 30/50 volume DED memiliki hasil 9613,940 kg dan volume BIM memiliki hasil 10200,623 kg, penulis menyimpulkan perencana tidak menghitung sambungan lewatan (Gambar 2) dan tekukan pada tulangan utama (Gambar 3) sehingga volume didapat lebih besar dari volume perencana.



Gambar 2: Sambungan Lewatan Utama Sloof



Gambar 3: Kait Tulangan Utama Sloof

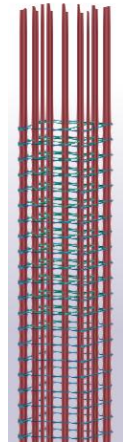
2. Pekerjaan Struktur Atas Lantai 1

Tabel 2: Pekerjaan Struktur Atas Lantai

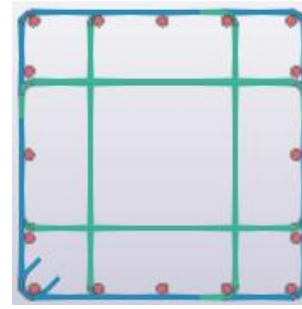
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
5	PEKERJAAN KOLOM Elv +0.00				
5.1	Kolom K1 (50 X 50) cm				
5.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	2,5	2,5	100,00%
5.1.2	Bekisting	m ²	20	20	100,00%
5.1.3	Pembesian	kg	376,360	413,368	109,83%
5.2	Kolom K2 (60 x 60) cm				
5.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	64,8	64,8	100,00%
5.2.2	Bekisting	m ²	432	432	100,00%
5.2.3	Pembesian	kg	8780,350	10.714,698	122,03%
5.3	Kolom K3 (80 x 80) cm				

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
5.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	12,8	12,8	100,00%
5.3.2	Bekisting	m ²	64	64	100,00%
5.3.3	Pembesian	kg	1599,400	1.937,74	121,15%
5.4 Kolom K4 (60 x 80) cm					
5.4.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	14,4	14,4	100,00%
5.4.2	Bekisting	m ²	84	84	100,00%
5.4.3	Pembesian	kg	1797,710	2.123,436	118,12%
6 PEKERJAAN BALOK Elv +5.00					
6.1 Balok B1 (40 x 75) cm					
6.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	15,99	15,6	97,56%
6.1.2	Bekisting	m ²	101,27	98,99	97,75%
6.1.3	Pembesian	kg	2220,010	2.274,96	102,48%
6.2 Balok B2 (35 x 70) cm					
6.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	37,110	35,5	95,66%
6.2.2	Bekisting	m ²	265,0375	253,84	95,78%
6.2.3	Pembesian	kg	5115,130	5.022,340	98,19%
6.3 Balok B3 (25 x 50) cm					
6.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	17,25	18,9	109,57%
6.3.2	Bekisting	m ²	172,5	188,75	109,42%
6.3.3	Pembesian	kg	2866,370	3.255,57	113,58%
6.4 Balok B4 (20 x 40) cm					
6.4.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	13,26	12,9	97,29%
6.4.2	Bekisting	m ²	165,7	161,20	97,28%
6.4.3	Pembesian	kg	2227,720	2.156,02	96,78%
6.5 Balok BA (15 x 30) cm					
6.5.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	6,75	7	103,70%
6.5.2	Bekisting	m ²	112,5	117,19	104,17%
6.5.3	Pembesian	kg	2061,860	1.532,36	74,32%

Pada pekerjaan pembesian Kolom K2 pada elevasi ±0.00 volume DED memiliki hasil 8780,350 kg dan volume BIM memiliki hasil 10174,698 kg, karena perbedaan yang cukup besar penulis menyimpulkan bahwa perencana tidak menghitung panjang tulangan *overlap* dan tulangan pengekang pada kolom K2 tersebut. Hasil perhitungan BIM dianggap lebih akurat karena dapat dipertanggung jawabkan dengan objek BIM yang ada dapat dilihat pada Gambar4 dan 5 di bawah ini.



Gambar 4: Tulangan Overlap Kolom K2

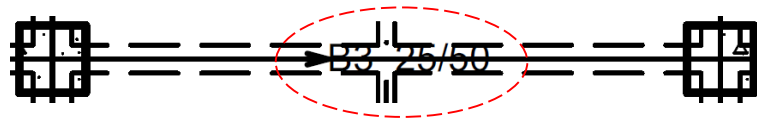


Gambar 5: Detail Tulangan Kolom K2 pada model BIM

TYPE	K2 (60 X 60) CM	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TULANGAN	16 D 19	16 D 19
SENGKANG	D 10 - 110	D 10 - 110

Gambar 6: Detail Tulangan Kolom K2 pada model DED

Pada pekerjaan Balok B3 (25/50 cm) pada elevasi +5.00 volume DED memiliki 17,25 m³ dan volume BIM memiliki hasil 18,9 m³, pada gambar DED terjadi ambiguitas karena gambar tidak sesuai dengan kode tipe balok tersebut yaitu balok B3 berdimensi 25 x 50 cm sedangkan pada gambar ada beberapa balok B3 berdimensi 20 x 40 cm. Kemudian gambar DED diekspor ke *Autocad* untuk *dicrosscheck* kembali dimensi balok B3, sehingga penulis menyatakan bahwa balok berdimensi 20 x 40 cm pada gambar adalah balok B4 dan menyimpulkan bahwa perencana menghitung juga balok B3 yang kode nya tidak sesuai dengan detail nya.(Gambar 7 dan 8)



Gambar 7: Balok B3 (25/50) yang sesuai dengan kodenya



Gambar 8: Balok B3 (25/50) yang tidak sesuai dengan kodenya

3. Pekerjaan Struktur Atas Lantai 2

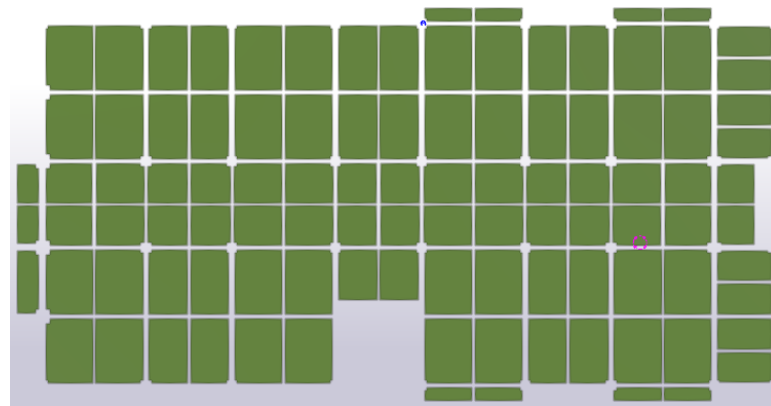
Tabel 3: Pekerjaan Struktur Atas Lantai 2

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
7	PEKERJAAN KOLOM Elv +10.00				
7.1	Kolom K2 (60 x 60) cm				
7.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	64,80	64,8	100,00%
7.1.2	Bekisting	m ²	432,00	432	100,00%
7.1.3	Pembesian	kg	8.780,350	9.659,09	110,01%
7.2	Kolom K3 (80 x 80) cm				
7.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	12,80	12,8	100,00%
7.2.2	Bekisting	m ²	64,00	64	100,00%
7.2.3	Pembesian	kg	1.599,400	1.736,14	108,55%
7.3	Kolom K4 (60 x 80) cm				
7.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	14,40	14,4	100,00%
7.3.2	Bekisting	m ²	84,00	84	100,00%
7.3.3	Pembesian	kg	1.797,710	1.907,44	106,10%
8	PEKERJAAN BALOK Elv +10.00				
8.1	Balok B1 (40 x 75) cm				
8.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	21,54	23,3	108,17%
8.1.2	Bekisting	m ²	136,42	147,82	108,36%
8.1.3	Pembesian	kg	2.988,540	3.518,34	117,73%
8.2	Balok B2 (35 x 70) cm				
8.2.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	37,11	35,5	95,67%
8.2.2	Bekisting	m ²	265,04	253,84	95,78%
8.2.3	Pembesian	kg	5.115,130	5.024,12	98,22%
8.3	Balok B3 (25 x 50) cm				
8.3.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	17,25	17,4	100,87%
8.3.2	Bekisting	m ²	172,50	173,5	100,58%
8.3.3	Pembesian	kg	2.866,370	2.973,39	103,73%
8.4	Balok B4 (20 x 40) cm				
8.4.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	19,22	19	98,88%
8.4.2	Bekisting	m ²	240,20	237,6	98,92%
8.4.3	Pembesian	kg	4.436,550	3.207,37	72,29%
8.5	Balok BA (15 x 30) cm				
8.5.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	6,19	6,4	103,43%
8.5.2	Bekisting	m ²	103,13	106,65	103,42%
8.5.3	Pembesian	kg	1.890,140	1.549,85	82,00%
9	PEKERJAAN PELAT LANTAI Elv +5.00				
9.1	Pelat Lantai				
9.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	134,89	131,5	97,49%
9.1.2	Bekisting	m ²	899,25	757,93	84,28%
9.1.3	Pembesian	kg	13.258,860	13.223,39	99,73%

Pada pekerjaan beton Balok B1 (40/75 cm) elevasi +10.00 volume DED memiliki hasil 21,54 m³ dan volume BIM memiliki hasil 23,3 m³, jika diamati volume BIM lebih besar dari volume DED. Maka

penulis menyimpulkan bahwa perencana melakukan kesalahan dalam membaca dimensi gambar. Hasil perhitungan BIM dianggap lebih akurat karena dapat dipertanggung jawabkan dengan objek BIM.

Pada pekerjaan bekisting pelat lantai elevasi +5.00 volume DED memiliki hasil 899,25 m² dan volume BIM menghasilkan 757,93 m², dalam permodelan pada BIM, bekisting pelat lantai otomatis terpotong karena dihitung dari tepi kolom dan tepi balok sehingga hasilnya lebih akurat. Hasil perhitungan BIM dianggap lebih akurat karena dapat dipertanggung jawabkan dengan objek BIM.



Gambar 9. Pemodelan Bekisting Pelat Lantai Elv +5.00

4. Pekerjaan Struktur Atas Roof Top

Tabel 4: Pekerjaan Struktur Atas Roof Top

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
10	PEKERJAAN KOLOM Elv +10.00				
10.1	Kolom K1 (50 X 50) cm				
10.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	4,5	4,5	100,00%
10.1.2	Bekisting	m ²	36	36	100,00%
10.1.3	Pembesian	kg	677,440	741,624	109,47%
11	PEKERJAAN BALOK Elv +13.00				
11.1	Balok B4 (20 x 40) cm				
11.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	2,93	2,8	95,56%
11.1.2	Bekisting	m ²	36,6	35,1	95,90%
11.1.3	Pembesian	kg	527,180	501,442	95,12%
12	PEKERJAAN PELAT LANTAI Elv +10.00				
12.1	Pelat Lantai				
12.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	170	161,8	95,18%
12.1.2	Bekisting	m ²	1054,5	877,42	83,21%
12.1.3	Pembesian	kg	17424,350	15833,272	90,87%
13	PEKERJAAN PELAT LANTAI Elv +13.00				
13.1	Pelat Daag				
13.1.1	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	4,7	4,3	91,49%
13.1.2	Bekisting	m ²	47	40,66	86,51%

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSEN (%)
13.1.3	Pembesian	kg	772,680	696,424	90,13%

Pada pekerjaan bekisting pelat lantai elevasi +10.00 volume DED memiliki hasil 170 m² dan volume BIM menghasilkan 161,8 m², dalam permodelan pada BIM, bekisting pelat lantai otomatis terpotong karena dihitung dari tepi kolom dan tepi balok sehingga hasilnya lebih akurat. Hasil perhitungan BIM dianggap lebih akurat karena dapat dipertanggung jawabkan dengan objek BIM. Rekapitulasi pekerjaan struktur DED dan BIM dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5: Rekapitulasi Pekerjaan Struktur DED dan BIM

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOL. DED	VOL. BIM	PERSENTASE (%)
1	Pondasi Spun Pile ø30 cm	titik	134	134	100
2	Beton Mutu f'c 26.4 Mpa	m ³	848,94	835,79	98,45
3	Bekisting	m ²	5739,44	5.412,49	94,30
4	Pembesian	kg	109243,604	109248,080	100,004

4. SIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, perbandingan *quantity take-off* pekerjaan struktur pada Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige adalah sebagai berikut, Perhitungan *Tekla Structures* menghasilkan volume beton sebesar 98,45% dari perhitungan *DED*. Pada bekisting, perhitungan *Tekla Structures* menghasilkan nilai 94,30% dari perhitungan *DED*. Pada pembesian, perhitungan *Tekla Structures* menghasilkan nilai 100,004% dari perhitungan *DED*. Hasil perhitungan BIM dianggap lebih akurat karena dapat dipertanggung jawabkan dengan objek BIM.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2019). *Perangkat lunak BIM Tekla Structures*. Diakses di <https://www.tekla.com/id/produk/tekla-structures> tanggal 11 April 2021.
- Anonim. (2020). *Apa itu BIM – Building Information Modelling?*. Diakses di <https://archilantis.com/apaitubimbuildinginformationmodelling/#:~:text=Sejarah%20BIM,Reflex%20dan%20Gable%204D%20Series> tanggal 11 April 2021.
- Baskoro, Imam Agung. (2019). *Penerapan Building Information Mdeling menggunakan Tekla Structures dalam Perhitungan Volume Besi Tulangan dan Bar Bending Schedule*. Yogyakarta: PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung.
- Burhanuddin, Syarif. (2019). *Penerapan Building Information Modelling (BIM) di Era Industri 4.0*. Seminar BIM PUPR. Jakarta.
- Eastman, Chuck dkk. (2011). *BIM Handook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey : WILEY.

- Gunawan, Edi. (2017). *Software BIM yang dibutuhkan?*. Diakses di <http://threed-images.blogspot.com/2017/03/software-bim-yang-dibutuhkan.html> tanggal 11 April 2021.
- Hardi, M.D. (2020). *Aplikasi Building Information Modeling (BIM) pada Gedung Asrama Universitas Islam Indonesia Internasional (UII)*. Skripsi, Fakultas Perencanaan Infrastruktur Universitas Pertamina.
- Lie, Nobel. (2016). *Estimasi Kuantitas Konstruksi dengan Metoda Building Information Modeling (BIM) pada Proyek Konstruksi Gedung*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Pesela, Regina Citra. (2019). *Quantity Take-Off berbasis Building Information Modeling (BIM)*. Padang: Universitas Andalas.
- Setiawan, Budi Edwin dan Vendie Abma. (2021). *Penerapan Konsep BIM dari Studi Kasus dan Perspektif Pengguna*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.