

# Perhitungan *Quantity Take Off* Pekerjaan Beton Pada Proyek X dengan Aplikasi *Tekla Structures*

Ervita Eka Maulina<sup>1</sup>, I Ketut Hendra Wiryasuta<sup>2</sup>, Megalita Rodiyani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi D3 Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Jl. Raya Jember KM 13 Labanasem, Kabat, Banyuwangi

<sup>2</sup>Email: [hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id](mailto:hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id)

**Abstract** — *Proyek konstruksi yang semakin kompleks dan sulit untuk dikelola menyebabkan peningkatan permasalahan selama siklus proyek. Salah satu contoh permasalahan tersebut dapat ditemukan pada proyek X yaitu adanya perubahan gambar kerja yang menyebabkan perhitungan ulang volume pekerjaan secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan quantity take off pada pekerjaan beton dengan metode perhitungan dari output pemodelan elemen struktur menggunakan software Tekla Structures. Hasil pemodelan volume pekerjaan beton dan baja tulangan selanjutnya dibandingkan dengan Bill of Quantity (BoQ). Penelitian ini menunjukkan hasil pemodelan pekerjaan beton dengan Tekla Structures sebesar 702,78 m<sup>3</sup> atau 0,505% lebih kecil dibandingkan volume BoQ. Sedangkan hasil perhitungan pekerjaan tulangan dengan Tekla Structures yaitu 29.459,8 kg atau 61,166% lebih kecil dari BoQ. Faktor yang menyebabkan perbedaan volume pekerjaan adalah perbedaan asumsi perhitungan, detail perhitungan, ketelitian, serta human error.*

**Kata Kunci:** BIM; pekerjaan beton; quantity take off; Tekla Structures.

**Abstract** — *The increasingly complex and challenging construction projects have led to an escalation of issues throughout the project cycle. One example of such an issue can be found in Project X, where changes in the working drawings necessitated a manual reevaluation of the work volume. This research aims to determine the quantity take-off calculations for concrete work through a calculation method derived from the output of structural element modeling using Tekla Structures software. The modeling results for concrete and reinforcement steelwork are subsequently compared with the Bill of Quantity (BoQ). This study reveals that the modeling of concrete work with Tekla Structures yielded a volume of 702.78 m<sup>3</sup>, which is 0.505% smaller than the BoQ volume. Meanwhile, the calculation for reinforcement work using Tekla Structures amounted to 29,459.8 kg, which is 61.166% smaller than the BoQ. The factors contributing to the differences in work volume include variations in calculation assumptions, calculation details, precision, and human error.*

**Keywords:** BIM; concrete work; quantity take off; Tekla Structures.

## I. PENDAHULUAN

Perhitungan *quantity take off* merupakan bagian penting dari proses konstruksi untuk membantu para insinyur sipil dalam membuat perencanaan anggaran yang lebih akurat dan meminimalkan risiko kesalahan perhitungan (Laorent et. al., 2019). Pada proses konstruksi, perhitungan volume pekerjaan umumnya melibatkan penentuan volume bahan-bahan yang akan digunakan dalam proyek. Proses perhitungan volume pekerjaan penting untuk memperhitungkan semua faktor yang mempengaruhi seperti bentuk, dimensi, dan jumlah bahan yang digunakan. Perubahan desain yang terjadi selama proses konstruksi juga dapat mempengaruhi nilai kuantitas yang dibutuhkan. Kompleksitas dan sulitnya pengelolaan proyek konstruksi dapat meningkatkan permasalahan yang terjadi dalam siklus proyek. Beberapa permasalahan yang terjadi pada proyek X kota Blitar yakni adanya perubahan gambar kerja yang menyebabkan perhitungan ulang volume pekerjaan secara manual. Perubahan gambar

kerja dan volume pekerjaan berhubungan dengan jenis kontrak harga satuan dalam pembangunan proyek. Jenis kontrak harga satuan memberikan keleluasaan untuk melakukan perubahan gambar kerja dan volume pekerjaannya bersifat perkiraan sementara. Hal tersebut mempengaruhi perubahan nilai kuantitas material dan biaya pekerjaan. Perubahan gambar kerja dan perhitungan ulang volume pekerjaan membuktikan perlu adanya perangkat lunak yang dapat merancang dan mengelola proyek konstruksi secara cepat dan akurat. Aplikasi berbasis *Building Information Modelling (BIM)* menjadi salah satu teknologi baru di bidang konstruksi yang dapat membantu dalam perhitungan *quantity take off* seperti *Tekla Structures*. Sehubungan dengan permasalahan yang terjadi pada proyek X maka perlu dilakukan penelitian mengenai perhitungan *Quantity Take Off* menggunakan software *Tekla Structures* pada pekerjaan struktur beton. Perhitungan QTO dilakukan karena pentingnya dalam proyeksi keuangan dan manajemen proyek konstruksi.

Penggunaan *software* tersebut juga memberikan hasil yang akurat sehingga mempermudah proses perhitungan material. Pada uraian estimasi *quantity take off* material yang dibandingkan dengan perhitungan secara konvensional diharapkan dapat memberikan gambaran bahwa penggunaan *software* komputer lebih efektif, efisien, serta dapat meminimalisasi *waste* dan meningkatkan *value* pada suatu proyek konstruksi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perhitungan *Quantity Take Off*

Menurut (Kementerian PUPR, 2018) *quantity take off* merupakan dasar dari tugas-tugas lain dalam manajemen konstruksi, seperti perkiraan biaya dan perencanaan jadwal, dan keakuratannya dapat secara langsung mempengaruhi analisis dan keputusan hilir. Secara tradisional, *quantity take off* adalah proses manual selama jumlah elemen desain diukur berdasarkan gambar desain atau model 3D dan kuantifikasi manual ini sangat rawan kesalahan.

### 2.2 Pekerjaan Struktur Beton

Sebuah struktur bangunan sistem rangka merupakan rangkaian beberapa elemen struktur yang saling berhubungan sehingga menjadi satu kesatuan. Elemen-elemen struktur tersebut berupa: pelat, balok, kolom, pondasi, dan tangga. Struktur bangunan yang dibuat dengan menggabungkan beton dan tulangan baja disebut struktur beton bertulang. Beton berfungsi sebagai penahan gaya desak dan baja tulangan untuk penahan gaya tarik (Wang, C.K. dan Salmon, 1993).

### 2.3 Persyaratan Beton Struktural

Standar Nasional Indonesia (SNI) digunakan sebagai referensi dalam melakukan pengecekan kesesuaian standar detail dengan peraturan yang berlaku. SNI yang digunakan yaitu SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Ketebalan selimut beton menurut SNI 2847 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan persyaratan kait standar tulangan tarik dapat dilihat pada Tabel 2 dan tulangan sengkang pada Tabel 3.

Tabel 1. Ketebalan Selimut Beton Nonprategang yang dicor di Tempat

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral, dan sengkang pengekang	40

Sumber: SNI 2847-2019

Berdasarkan SNI 2847:2019, selimut beton berfungsi sebagai pelindung tulangan terhadap pengaruh cuaca atau efek lainnya. Ketebalan selimut beton merupakan jarak antara permukaan terluar tulangan yang tertanam dengan permukaan luar terdekat beton.

Tabel 2. Kait Standar Tulangan Tarik

Tipe kait standar	Ukuran batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus <sup>[1]</sup> $l_{ext}$ , mm
Kait 90 derajat	D10 hingga D25	$6d_b$	$12 d_b$
	D29 hingga D36	$8d_b$	
	D43 hingga D57	$10d_b$	
Kait 180 derajat	D10 hingga D25	$6d_b$	Terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm
	D29 hingga D36	$8d_b$	
	D43 hingga D57	$10d_b$	

Sumber: SNI 2847-2019

Tabel 2. Kait Standar Tulangan Sengkok

Tipe kait standar	Ukuran batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus <sup>[1]</sup> $l_{ext}$ , mm
Kait 90 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm
	D19 hingga D25	$6d_b$	$12 d_b$
Kait 135 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm
	D19 hingga D25	$6d_b$	
Kait 180 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm
	D19 hingga D25	$6d_b$	

Sumber: SNI 2847-2019

#### 2.4 Building Information Modelling (BIM)

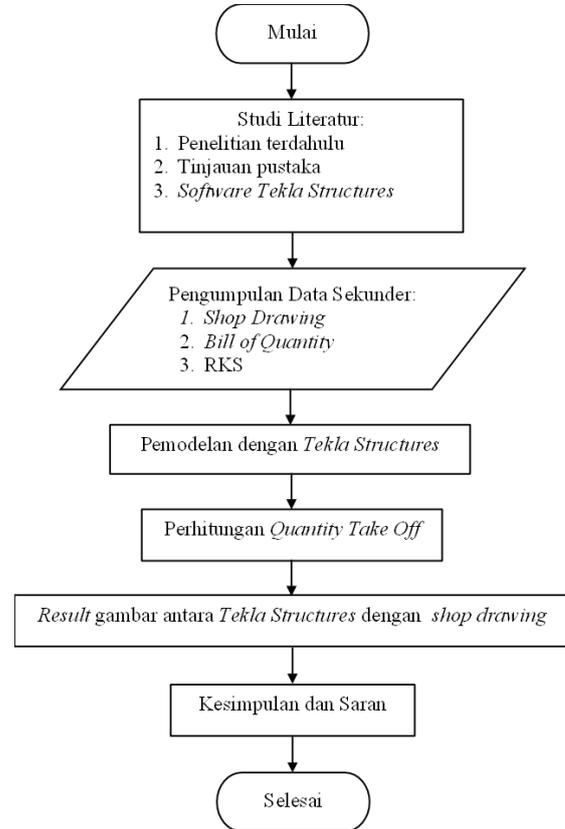
*Building Information Modelling (BIM)* menurut Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat bersama PP *Construction* dan *Investment* dalam *roadmap* konstruksi digital Indonesia (2019) adalah suatu proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu bangunan selama siklus hidupnya. BIM menggunakan software 3D, *real-time* dan pemodelan bangunan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM yang meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan.

#### 2.5 Tekla Structures

Dikutip dari laman resmi aplikasi *Tekla Structures*, [www.tekla.com](http://www.tekla.com), *Tekla Structures* merupakan salah satu dari sekian banyaknya aplikasi berbasis *Building Information Modelling (BIM)* yang sangat "*constructible*", yang berarti model yang dibangun pada aplikasi *Tekla Structures* memiliki kemungkinan yang besar untuk dilaksanakan pada saat proses konstruksi. Dengan menggunakan aplikasi *Tekla Structures*, pengguna mampu membuat, mengkombinasikan, mengatur hingga membagikan data proyek dalam bentuk model tiga dimensi.

### III. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian "Perhitungan *Quantity Take Off* Pekerjaan Beton Pada Proyek X dengan Aplikasi *Tekla Structures*" ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Tahapan awal pada penelitian ini adalah studi pustaka dan kajian teori terhadap masalah yang ada serta pengumpulan data sekunder berupa *shop drawing*, *Bill of Quantity*, serta Rencana Kerja dan Syarat-syarat. Kemudian dilakukan pemodelan bangunan dengan *software Tekla Structures*. Setelah pemodelan selesai dilakukan, langkah selanjutnya yaitu menghitung kebutuhan material. *Tekla Structures* akan otomatis menghitung volume setiap elemen struktur seperti panjang, luas, berat dan volumenya. Karena dilakukan secara otomatis, maka akurasi perhitungan yang dihasilkan menjadi lebih akurat. Hasil *quantity take off* tersebut kemudian di *export* ke dalam *microsoft excel*. Hasil *export quantity take off* otomatis dalam *template* yang sudah rapi teratur sehingga memudahkan analisis selanjutnya. Kemudian dilanjutkan tahap *result gambar* dari *Tekla Structures* yang digunakan sebagai hasil visual dari perangkat lunak *BIM*. *Result gambar* digunakan sebagai bahan

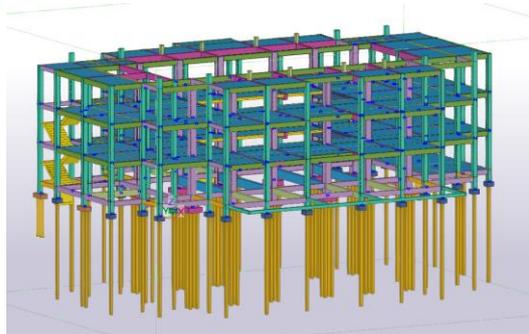
perbandingan antara *Tekla Structures* dengan *shop drawing*. Tahap akhir yaitu kesimpulan mengenai perhitungan *quantity take off* yang membandingkan antara hasil perhitungan proyek (*Bill of Quantity*) dengan perhitungan *software Tekla Structures*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan struktur terdiri dari pemodelan pondasi, *sloof*, kolom, balok, pelat, dan tangga. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software Tekla Structures 2022 educational version* dengan langkah-langkah berikut:

1. Pembuatan *grid*, disesuaikan dengan *shop drawing* yang tersedia dan dilanjutkan dengan pembuatan *view grid lines* yang berfungsi untuk melihat detail tampak struktur.
2. Pemodelan elemen struktur dengan memanfaatkan *tools* pada menu *concrete* yang tersedia pada *Tekla Structures 2022* seperti berikut:
  - a. Pondasi dengan fitur *pad footing*.
  - b. *Sloof* dan balok menggunakan fitur *beam*.
  - c. Kolom dengan fitur *column*.
  - d. Pelat menggunakan fitur *slab*.
  - e. Tangga menggunakan menu *application and components* dan pilih *reinforced concrete stair (95)*.
3. Pemodelan tulangan menggunakan menu pada *rebar* sebagai berikut:
  - a. Menu *crossing* dapat digunakan pada struktur pondasi.
  - b. Menu *bar group* dapat digunakan pada struktur kolom, *sloof* dan balok.
  - c. Menu *by face* digunakan pada struktur pelat.
4. Hasil *quantity take off* didapat secara otomatis dari *Tekla Structures* pada menu *organizer* dan terintegrasi dengan *Ms. Excel*.

Hasil dari pemodelan struktur beton dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Struktur Beton

4.1 Perbandingan Volume Pekerjaan Pondasi  
 Pekerjaan pondasi dalam *shop drawing* menggunakan jenis pondasi tiang pancang *mini pile 25x25 cm* dengan kedalaman 10 meter dan pondasi *strauss pile* diameter 30 cm dengan kedalaman 4 meter. Tabel 4 dan Tabel 5 merupakan hasil perhitungan *quantity take off* untuk pekerjaan pondasi.

Tabel 4. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Pondasi

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
Pekerjaan Pondasi		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton K500 Tiang Pancang	92	57,51	57,51
Pekerjaan Beton K500 Strauss Pile	4	1,12	1,12
Beton PC1	34	8,61	8,61
Beton PC2	2	1,03	1,01
Beton PC2 Strauss Pile	2	1,00	1,01
Beton PC3	2	2,25	2,25
Beton PC4	12	13,50	13,50
Total	148	85,02	85,01
Selisih Volume Pekerjaan (%)			-0,012%

Berdasarkan Tabel 4 pemodelan menggunakan *software Tekla Structures* menunjukkan volume pekerjaan pondasi seperti pada Tabel 4 yaitu sebesar 85,01 m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai volume pada *BoQ* yaitu sebesar 85,02 m<sup>3</sup>. Sehingga diketahui bahwa volume kalkulasi *Tekla Structures* 0,012% lebih kecil dibandingkan volume pada *BoQ*. Selisih antara keduanya yang tidak terlalu signifikan yang disebabkan karena perhitungan dengan *Tekla Structures* lebih akurat dibandingkan hasil perhitungan yang tertulis pada *BoQ*.

Tulangan yang digunakan pada *pilecap type* PC1, PC2, PC3 dan PC4 berdiameter 16 milimeter dengan jarak 150 milimeter (D16-150). Sedangkan tulangan yang digunakan untuk pondasi *strauss pile* berdiameter 13 milimeter untuk tulangan utama dan untuk tulangan spiral menggunakan diameter 8 milimeter dengan jarak 150 milimeter (Ø8-150). Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* yang dihasilkan oleh *software Tekla Structures* untuk pekerjaan tulangan pondasi.

Tabel 5. Perbandingan Volume Tulangan Pekerjaan Pondasi

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Pondasi		kg	kg
<i>Strauss Pile</i>	4	53,72	64,40
Tulangan PC1	34	1526,60	1210,40
Tulangan PC2	2	179,36	132,80
Tulangan PC2 <i>Strauss Pile</i>	2	179,36	132,80
Tulangan PC3	2	275,86	247,20
Tulangan PC4	12	1655,20	1483,20
Total	56	3870,10	3270,80
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-15,485%	

Berdasarkan *BoQ*, total volume tulangan pada pekerjaan pondasi yaitu 3870,10 kg. Sementara total volume pekerjaan berdasarkan pemodelan menggunakan *Tekla Structures* yaitu 3270,80 kg atau 15,485% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan ini disebabkan karena kesalahan perhitungan pada *BoQ* maupun perencana yang tidak menghitung selimut beton sehingga menyebabkan panjang tulangan menjadi lebih besar.

#### 4.2 Perbandingan Volume Pekerjaan Sloof

Terdapat beberapa tipe sloof yaitu S1, S2, S3, S4, dan S5. Berikut merupakan hasil report *Tekla Structures* untuk pekerjaan beton dan tulangan pada sloof.

Tabel 6. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Sloof

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Sloof		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Beton S1 (400.900)	4	14,98	14,98
Beton S2 (300.600)	10	11,74	11,81
Beton S3 (250.500)	45	22,98	23,04
Beton S4 (200.400)	25	6,37	6,34
Beton S5 (200.300)	13	3,18	3,18
Total	97	59,25	59,35
Selisih Volume Pekerjaan (%)		0,169%	

Berdasarkan Tabel 6 diketahui total volume pekerjaan beton pada *BoQ* yaitu 59,25 m<sup>3</sup> dan volume pada *Tekla* yaitu 59,35 m<sup>3</sup>. Terdapat

perbedaan nilai volume pekerjaan yakni volume hasil *report Tekla Structures* 0,169% lebih besar dibandingkan volume pada *BoQ*. Perbedaan volume tersebut disebabkan karena perbedaan asumsi dalam perhitungan.

Tulangan yang digunakan pada *sloof type* S1 berdiameter 19 mm untuk tulangan atas dan bawah, diameter 13 mm untuk tulangan tengah. *Type* S2 dan S3 menggunakan tulangan diameter 16 mm untuk tulangan atas dan bawah, diameter 12 mm untuk tulangan tengah. *Type* S4 dan S5 menggunakan tulangan diameter 13 mm. Tulangan yang digunakan pada tulangan sengkang *type* S1, S2, S3, dan S4 berdiameter 10 mm dengan jarak 150 mm ( $\emptyset$ 10-150) pada daerah tumpuan serta jarak 200 mm untuk daerah lapangan ( $\emptyset$ 10-200). Sedangkan *type* S5 menggunakan diameter 8 mm dengan jarak 150 mm ( $\emptyset$ 8-150) pada daerah tumpuan serta jarak 200 mm untuk daerah lapangan ( $\emptyset$ 8-200). Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* yang dihasilkan oleh *software Tekla Structures* untuk pekerjaan tulangan *sloof*.

Tabel 7. Perbandingan Volume Tulangan Sloof

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Sloof		kg	kg
Tulangan S1 (400.900)	4	2178,80	500,90
Tulangan S2 (300.600)	10	2210,90	737,00
Tulangan S3 (250.500)	45	5342,90	1307,30
Tulangan S4 (200.400)	25	1333,20	402,10
Tulangan S5 (200.300)	13	622,74	237,50
Total	97	8617,90	3184,70
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-63,046%	

Berdasarkan *BoQ*, total volume tulangan pada pekerjaan *sloof* yaitu 8617,90 kg. Sementara total volume pekerjaan berdasarkan pemodelan menggunakan *Tekla Structures* yaitu 3184,70 kg atau 63,046% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan ini disebabkan karena perbedaan asumsi penggunaan panjang kait standar, panjang penjangkaran, maupun panjang sambungan pada tulangan *sloof* dan kesalahan input data pada perhitungan *BoQ* sehingga hasil dari

perbandingan volume tulangan *sloof* tidak sinkron. Selain itu perbedaan panjang tulangan pada daerah lapangan dan tumpuan dapat mempengaruhi volume tulangan pada *sloof*.

### 4.3 Perbandingan Volume Pekerjaan Kolom

Pada *shop drawing* terdapat dua tipe kolom yakni K1 (60×60 cm) dan K2 (40×40 cm) dengan tinggi masing-masing 4 meter. Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* pada pekerjaan kolom.

Tabel 8. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Kolom

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
Pekerjaan Kolom		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton Kolom K300 Lantai 1			
Beton K1 (600.600))	12	22,90	22,90
Beton K2 (400.400)	40	33,92	33,92
Pekerjaan Beton Kolom K300 Lantai 2			
Beton K1 (600.600))	12	17,28	17,28
Beton K2 (400.400)	40	25,60	25,60
Pekerjaan Beton Kolom K300 Lantai 3			
Beton K1 (60.60))	12	17,28	17,28
Beton K2 (40.40)	40	25,60	25,60
Pekerjaan Kolom Pedestal Atap	16	2,00	2,00
Total	172	144,58	144,58
Selisih Volume Pekerjaan (%)		0%	

Pada Tabel 8 diketahui bahwa pemodelan menggunakan *software Tekla Structures* menunjukkan volume pekerjaan kolom seperti yaitu sebesar 144,58 m<sup>3</sup>. Nilai volume pada *BoQ* juga sebesar 144,58 m<sup>3</sup>. Sehingga diketahui bahwa volume kalkulasi *Tekla Structures* dan volume pada *BoQ* tepat, sehingga tidak terdapat selisih volume pekerjaan.

Tulangan yang digunakan pada kolom *type* K1 berdiameter 19 mm untuk tulangan utama dan diameter 13 mm dengan jarak 150 mm (D13-150) pada tulangan sengkang daerah tumpuan serta jarak 200 mm (D13-200) pada tulangan sengkang daerah lapangan. *Type* K2 menggunakan tulangan diameter 16 mm pada tulangan utama dan diameter 10 mm untuk tulangan sengkang daerah tumpuan dengan jarak 150 mm (Ø10-150) dan tulangan sengkang daerah lapangan menggunakan jarak 200 mm (Ø10-200). Berikut

merupakan hasil perhitungan *quantity take off* yang dihasilkan oleh *software Tekla Structures* untuk pekerjaan tulangan kolom.

Tabel 9. Perbandingan Volume Tulangan Kolom

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
Pekerjaan Kolom		kg	kg
Tulangan K1 (60.60))	12	9172,90	4026
Tulangan K2 (40.40)	40	14598	8064
Pekerjaan Pembesian Kolom Pedestal Atap	16	285,44	115,20
Total	68	24056	12205,20
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-49,264%	

Berdasarkan Tabel 9 diketahui total volume tulangan kolom pada *BoQ* yaitu 24.056 kg, sedangkan total volume tulangan menggunakan *Tekla Structures* yaitu 12.205,20 kg atau 49,264% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan yang sangat signifikan ini disebabkan karena perbedaan asumsi penggunaan panjang penjangkaran, maupun panjang sambungan pada tulangan kolom pada setiap lantai sehingga volume tulangan *BoQ* lebih besar daripada *software Tekla Structures*.

### 4.4 Perbandingan Volume Pekerjaan Balok

Pekerjaan balok dalam *shop drawing* memiliki beberapa tipe yaitu B1, B2, B3, B4, dan B5. Balok *type* B1 berukuran 500 x 1000 mm, *type* B2 berukuran 300 x 600 mm, *type* B3 memiliki ukuran 250 x 500 mm, *type* B4 berukuran 200 x 400 mm, dan *type* B5 memiliki ukuran 200 x 300 mm. Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* untuk pekerjaan balok.

Tabel 10. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Balok

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
Pekerjaan Balok		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton Balok K300 Lantai 2			
B1 (500.1000)	2	10,40	10,40
B2 (300.600)	20	19,24	19,51
B3 (250.500)	42	21,13	20,81
B4 (200.400)	24	5,52	5,61

Tabel 10. Lanjutan Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Balok

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Balok		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton Balok K300 Lantai 3			
B1 (500.1000)	2	10,40	10,40
B2 (300.600)	20	19,24	19,48
B3 (250.500)	41	20,43	20,25
B4 (200.400)	24	5,52	5,56
B5 (200.300)	33	7,45	7,47
Pekerjaan Beton Balok K300 Lantai Atap			
B2 (300.600)	24	23,47	24,21
B3 (250.500)	41	20,41	20,53
B4 (200.400)	24	5,52	5,56
B5 (200.300)	33	1,88	1,88
Total		178,45	177,85
Selisih Volume Pekerjaan (%)			-0,336%

Berdasarkan Tabel 10 diketahui total volume pekerjaan beton pada *BoQ* yaitu 178,45 m<sup>3</sup> dan volume pada *Tekla* yaitu 177,85 m<sup>3</sup>. Volume hasil *report Tekla Structures* memiliki nilai 0,336% lebih kecil dibandingkan volume pada *BoQ*. Perbedaan volume tersebut disebabkan karena perbedaan asumsi dalam perhitungan. Selain itu, perhitungan pada *BoQ* dihitung dari as ke as, sedangkan pada *Tekla Structures* telah otomatis terhitung dari tepi kolom.

Tulangan utama yang digunakan pada balok *type* B1 berdiameter 19 mm untuk tulangan atas dan bawah, diameter 13 mm untuk tulangan tengah. *Type* B2 dan B3 menggunakan tulangan diameter 16 mm untuk tulangan atas dan bawah, diameter 12 mm untuk tulangan tengah. *Type* B4 dan B5 menggunakan tulangan diameter 13 mm. Tulangan yang digunakan pada tulangan sengkang *type* B1, B2 dan B3 berdiameter 10 mm dengan jarak 150 mm (Ø10-150) pada daerah tumpuan serta jarak 200 mm untuk daerah lapangan (Ø10-200). Sedangkan *type* B4 dan B5 menggunakan diameter 8 mm dengan jarak 150 mm (Ø8-150) pada daerah tumpuan serta jarak 200 mm untuk daerah lapangan (Ø8-200). Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off*

yang dihasilkan oleh *software Tekla Structures* untuk pekerjaan tulangan balok.

Tabel 11. Perbandingan Volume Tulangan Balok

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Balok		kg	kg
Pekerjaan Pembesian Balok Lantai 2			
B1 (500.1000)	2	1271,3	268,8
B2 (300.600)	20	3285,6	923,2
B3 (250.500)	42	4851,4	1297,1
B4 (200.400)	24	984,27	265
B5 (200.300)	37	1479	344,3
Pekerjaan Pembesian Balok Lantai 3			
B1 (500.1000)	2	1271,30	268,80
B2 (300.600)	20	3285,60	923,20
B3 (250.500)	41	4690,70	1320,30
B4 (200.400)	24	984,27	265
B5 (200.300)	33	1405,10	325
Pekerjaan Pembesian Balok Lantai Atap			
B2 (300.600)	24	4008	1114,60
B3 (250.500)	41	4686,10	1182,20
B4 (200.400)	24	984,27	286,40
B5 (200.300)	33	1405,10	82,20
Total		34592	8866,10
Selisih Volume Pekerjaan (%)			-74,369%

Berdasarkan Tabel 11 diketahui total volume tulangan pekerjaan balok pada *BoQ* yaitu 34592 kg. Sementara total volume pekerjaan berdasarkan pemodelan menggunakan *Tekla Structures* yaitu 8866,10 kg atau 74,369% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan yang signifikan ini disebabkan karena perhitungan tulangan pada *BoQ* dibuat per satuan volume (m<sup>3</sup>).

#### 4.5 Perbandingan Volume Pekerjaan Pelat

Pembagian pekerjaan pelat lantai didasarkan pada elevasi yang mengacu pada *Bill of Quantity (BoQ)*. Pembagian elevasi pelat lantai yaitu elevasi +0, elevasi +3.62, elevasi +3.95 elevasi +4, elevasi +7.9, elevasi 7.95, elevasi +11.95, dan elevasi +12.00. Berikut perhitungan *quantity take off* untuk pekerjaan pelat.

Tabel 12. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Pelat

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
<b>Pekerjaan Pelat</b>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton Pelat Lantai 1	-	15,69	14,91
Pekerjaan Beton Pelat Lantai 2	-	78,35	78,17
Pekerjaan Beton Pelat Lantai 3	-	77,33	78,01
Pekerjaan Beton Pelat Atap	-	30,79	29,99
Total	-	202,16	201,08
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-0,534%	

Berdasarkan volume pelat beton yang tertera dalam Tabel 12 diketahui volume hasil *report Tekla Structures* menunjukkan nilai 0,534% lebih kecil dari *BoQ*. Perbedaan ini disebabkan oleh kesalahan dan ketidakteelitian perhitungan volume beton pelat lantai pada *BoQ*. Selain itu perhitungan pada proyek dilakukan dari as ke as, sedangkan didalam *software Tekla Structures* melakukan perhitungan dari tepi ke tepi sehingga tidak ada perhitungan bertumpuk antara komponen struktur satu dengan komponen struktur lainnya.

Tulangan yang digunakan pada pelat *type A* yakni diameter 10 mm dengan jarak 300 mm (Ø10-300) dan tulangan pada pelat *type B* berdiameter 8 mm dengan jarak 200 mm (Ø8-200). Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* yang dihasilkan oleh *software Tekla Structures* untuk pekerjaan tulangan pelat.

Tabel 13. Perbandingan Volume Tulangan Pelat

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
<b>Pekerjaan Pelat</b>		kg	kg
Tulangan Pelat Lt. 1	-	278,62	76,20
Tulangan Pelat Lt. 2	-	1282,60	679,60
Tulangan Pelat Lt.3	-	1440,70	623,80
Tulangan Pelat Atap	-	839,13	209,90
Total	-	3841,10	1589,50
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-58,618%	

Berdasarkan Tabel 13 diketahui total volume tulangan pekerjaan pelat pada *BoQ* yaitu 3841,10 kg. Sementara total volume *Tekla Structures* yaitu 1589,50 kg atau 58,618% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan yang signifikan ini disebabkan karena perbedaan asumsi penggunaan panjang kait standar, panjang penjangkaran, maupun panjang sambungan pada tulangan pelat dapat mempengaruhi volumenya.

#### 4.6 Perbandingan Volume Pekerjaan Tangga

Terdapat dua tipe tangga yaitu tangga utama dan tangga darurat. Tangga utama dengan *antrede* dan *optrede* yaitu 300 dan 180 mm, sedangkan tangga darurat dengan dengan *antrede* dan *optrede* yaitu 250 dan 200 mm. Kedua tipe tangga memiliki perbedaan pada lebar tangga yaitu tangga utama selesbar 2150 mm dan untuk tangga darurat selebar 1750 mm. Berikut perhitungan *quantity take off* pada pekerjaan tangga.

Tabel 14. Perbandingan Volume Beton Pada Pekerjaan Tangga

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		BoQ	Tekla Structures
<b>Pekerjaan Tangga</b>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Tangga Utama Lt.1-2	1	8,95	8,12
Pekerjaan Tangga Utama Lt.2-3	1	6,53	7,16
Pekerjaan Tangga Darurat Lt.1-2	2	9,75	10,62
Pekerjaan Tangga Darurat Lt.2-3	2	11,66	9,01
Total	6	36,89	34,91
Selisih Volume Pekerjaan (%)		-5,367%	

Berdasarkan volume tangga beton yang tertera dalam Tabel 14 diketahui volume hasil *report Tekla Structures* menunjukkan nilai 5,367% lebih kecil dari *BoQ*. Perbedaan yang signifikan ini disebabkan oleh kesalahan dan ketidakteelitian perhitungan volume tangga pada *BoQ*. Selain itu perencana tidak mengurangi volume beton yang bertabrakan dengan objek tangga sehingga volume beton terhitung dua kali.

Tulangan yang digunakan pada elemen tangga yaitu diameter 13 mm dengan jarak 150 mm (D13-150) digunakan pada pelat tangga, pondasi dan *shearwall* tangga. Untuk elemen anak tangga menggunakan tulangan diameter 8 mm dengan

jarak 150 mm ( $\varnothing$ 8-150). Berikut merupakan hasil perhitungan *quantity take off* pekerjaan tulangan tangga.

Tabel 15. Perbandingan Volume Tulangan Tangga

Uraian Pekerjaan	Qty (pc)	Volume	
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>
Pekerjaan Tangga		kg	kg
Tulangan Tangga Utama Lt.1-2	1	214,7 0	76,80
Tulangan Tangga Utama Lt.2-3	1	156,7 0	59,50
Tulangan Tangga Darurat Lt.1-2	2	233,9 0	115,80
Tulangan Tangga Darurat Lt.2-3	2	279,7 0	91,40
Total	6	885	343,50
Selisih Volume Pekerjaan (%)			-61,186%

Berdasarkan Tabel 15 diketahui total volume tulangan pekerjaan tangga pada *BoQ* yaitu 885 kg. Sementara total volume pekerjaan berdasarkan pemodelan menggunakan *Tekla Structures* yaitu 343,50 kg atau 61,186% lebih kecil dibandingkan dengan volume tulangan pada *BoQ*. Adanya perbedaan yang signifikan ini disebabkan karena perhitungan *BoQ* yang tidak akurat. Selain itu perhitungan tulangan pada *BoQ* dibuat per volume ( $m^3$ ) sehingga total tulangan besi disesuaikan dengan volume beton yang ada.

#### 4.7 Rekapitulasi Volume Pekerjaan

Rekapitulasi bertujuan untuk memberikan gambaran dan ringkasan terkait volume pekerjaan beton. Tampilan rekapitulasi volume pekerjaan struktural beton dapat dilihat pada Tabel 16 dan rekapitulasi volume tulangan pada Tabel 17.

Tabel 16. Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Beton

No.	Pekerjaan	Volume Beton ( $m^3$ )		Selisih Volume Pekerjaan (%)
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>	
1.	Pekerjaan Pondasi	85,02	85,01	-0,012%
2.	Pekerjaan <i>Sloof</i>	59,25	59,35	0,169%
3.	Pekerjaan Kolom Lantai 1	56,82	56,82	0%
4.	Pekerjaan Kolom Lantai 2	42,88	42,88	0%
5.	Pekerjaan Kolom Lantai 3	42,88	42,88	0%
6.	Pekerjaan Kolom Pedestal Atap	2,00	2,00	0%

Tabel 16. Lanjutan Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Beton

No.	Pekerjaan	Volume Beton ( $m^3$ )		Selisih Volume Pekerjaan (%)
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>	
7.	Pekerjaan Balok Lantai 2	64,13	64,2	0,109%
8.	Pekerjaan Balok Lantai 3	63,04	63,16	0,190%
9.	Pekerjaan Balok Lantai Atap	51,28	50,49	-1,541%
10.	Pekerjaan Pelat Lantai 1	15,69	14,91	-4,971%
11.	Pekerjaan Pelat Lantai 2	78,35	78,17	-0,23%
12.	Pekerjaan Pelat Lantai 3	77,33	78,01	0,879%
13.	Pekerjaan Pelat Lantai Atap	30,79	29,99	-2,598%
14.	Pekerjaan Tangga Utama	15,48	15,28	-1,292%
15.	Pekerjaan Tangga Darurat	21,41	19,63	-8,314%
	Total	706,40	702,780	-0,505%

Berdasarkan Tabel 16 diketahui total volume pekerjaan beton pada *BoQ* yaitu sebesar 706,40  $m^3$ . Sedangkan total volume *report Tekla Structures* yaitu 702,78  $m^3$  atau 0,505% lebih kecil jika dibandingkan dengan *BoQ*. Faktor penyebab adanya perbedaan antara keduanya yaitu kemungkinan adanya perhitungan volume yang berulang pada elemen struktur yang saling bersinggungan dalam *BoQ*. Hal ini dapat dilihat dari total volume pekerjaan pada *BoQ* yang lebih besar dari *report Tekla Structures*.

Perhitungan volume baja tulangan dilakukan dengan *Tekla Structures* pada pekerjaan baja tulangan pondasi, *sloof*, kolom, balok, pelat lantai, dan tangga. Terdapat 15 item pekerjaan baja tulangan seperti yang tertera pada Tabel 17 di bawah.

Tabel 17. Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Tulangan

No.	Pekerjaan	Volume Tulangan (kg)		Selisih Volume Pekerjaan (%)
		<i>BoQ</i>	<i>Tekla Structures</i>	
1.	Pekerjaan Pondasi	3870,10	3270,80	-15,485%
2.	Pekerjaan <i>Sloof</i>	8617,90	3184,70	-63,046%
3.	Pekerjaan Kolom K1	9172,90	4026	-56,110%
4.	Pekerjaan Kolom K2	14598	8064	-44,760%
5.	Pekerjaan Kolom Pedestal Atap	285,44	115,20	-59,641%

Tabel 17. Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Tulangan

No.	Pekerjaan	Volume Tulangan (kg)		Selisih Volume Pekerjaan (%)
		BoQ	Tekla Structures	
7.	Pekerjaan Balok Lantai 2	11871	3098,40	-73,899%
8.	Pekerjaan Balok Lantai 3	11637	3102,30	-73,341%
9.	Pekerjaan Balok Lantai Atap	11083	2665,40	-75,951%
10.	Pekerjaan Pelat Lantai 1	278,62	76,20	-72,651%
11.	Pekerjaan Pelat Lantai 2	1282,60	679,60	-47,014%
12.	Pekerjaan Pelat Lantai 3	1440,70	623,80	-56,702%
13.	Pekerjaan Pelat Lantai Atap	839,13	209,90	-74,986%
14.	Pekerjaan Tangga Utama	371,40	136,30	-63,301%
15.	Pekerjaan Tangga Darurat	513,60	207,20	-59,657%
	Total	75861,40	29459,80	-61,166%

Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui total volume pada *BoQ* yaitu sebesar 75.861,40 kg. Sedangkan total volume pekerjaan tulangan pada *report Tekla Structures* yaitu sebesar 29.459,80 kg atau 61,166% lebih kecil dibandingkan dengan nilai volume pada *BoQ*. Faktor yang menyebabkan perbedaan antara keduanya yaitu kurang detailnya *BoQ*. Hal ini ditunjukkan pada perhitungan tulangan *BoQ* yang dibuat per satuan volume (m<sup>3</sup>) dengan satu contoh panjang bentang, sedangkan pada pekerjaan *sloof* dan balok memiliki panjang bentang yang berbeda. Selain itu adanya perbedaan dalam perhitungan panjang penjangkaran, kait, sambungan menerus tulangan, dan posisi sambungan.

### V. KESIMPULAN

Perhitungan *quantity take off* pekerjaan beton dengan *Tekla Structures* sebesar 702,78 m<sup>3</sup>. Perbandingan hasil perhitungan volume pekerjaan beton dengan *Tekla Structures* sebesar 0,505% lebih kecil dari *BoQ*. Adanya perbedaan nilai tersebut disebabkan pada metode konvensional (*BoQ*) perhitungan dilakukan dari as ke as, sedangkan menggunakan *software BIM* perhitungan dilakukan dari tepi elemen struktur sehingga tidak terjadi perhitungan yang menumpuk. Hasil perhitungan pekerjaan tulangan dengan *Tekla Structures* memiliki volume 29.459,80 kg. Perbandingan hasil

pekerjaan tulangan dengan *Tekla Structures* sebesar 61,166% lebih kecil dari *BoQ*. Faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan yaitu pemodelan pada *Tekla Structures* dilakukan secara detail sehingga terdapat kemungkinan perbedaan dalam perhitungan panjang penjangkaran, kait, sambungan menerus tulangan, dan posisi sambungan. Selain itu kurang detailnya *BoQ* dalam memperhitungkan volume tulangan. Hal tersebut ditunjukkan pada perhitungan tulangan *BoQ* yang dibuat per satuan volume (m<sup>3</sup>) dengan satu contoh panjang bentang, sedangkan balok memiliki panjang bentang yang berbeda.

### DAFTAR PUSTAKA

SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Badan Standardisasi Nasional [BSN].

Apriansyah, R. (2021). Implementasi konsep *Building Information Modelling (BIM)* dalam estimasi quantity take off material pekerjaan struktural [tugas akhir]. Universitas Islam Indonesia.

Asroni, A. (2010). *Balok Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu.

Baskoro, I. A. (2019). *Modul learning penulangan modeling and reinforcement*. BIM WEGE.

Eastman, C., P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston. (2008). *BIM handbook a guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Wiley.

Ervianto. W. I. (2006). *Eksplorasi teknologi dalam bidang konstruksi: beton pracetak dan bekisting*. Andi Yogyakarta.

Fathansyah. (2002). *Analisa-analisa dalam proyek*. Prenhallindo.

H.S., S. (1988). *Pondasi tiang pancang Jilid 1*. Sinar Wijaya

Ibrahim, B. (1993). *Rencana dan estimate real of cost*. Bumi Aksara.

Kementerian PUPR. (2018). *Modul 3 Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan implementasinya di Indonesia*. Kementerian PUPR.

Laorent, D., Nugraha, P., dan Budiman, J. (2019). Analisa *quantity take-off* dengan menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1–8.

Muhammad Fadillah, N. (2022). *Quantity take-off* pekerjaan struktur berbasis *Building Information Modeling (BIM)* pembangunan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*. 2(1).

Mulyono, B., Zain, H. A., Sudiby, G. H. (2022). Analisis perbandingan efektifitas metode konvensional dan *BIM* pada elemen struktur beton (Studi kasus Gedung Pelayanan Pendidikan Fisip Unsoed). *Jurnal DISPROTEK*, 13(1), 37–44.

Partogi H. Simatupang, Tri M.W, dan Verry A. Waddu. (2020). Integrasi program *Tekla Structures* dan SAP2000 dalam perencanaan gedung beton struktural. *Jurnal Teknik Sipil*, IX (1), 1–14.

Reista, I. A., dan Ilham, A. (2022). Implementasi *Building Information Modelling (BIM)* dalam estimasi volume pekerjaan struktural dan arsitektural.

- Journal of Sustainable Construction*. 2(1), 13–22.
- Shubki, M. S. A., dan Khatulistiani, U. (2019). Perencanaan struktur gedung apartemen permata intan dengan konstruksi beton bertulang menggunakan Metode SRPMK di Kota Yogyakarta. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 7(2), 101–112.
- Uzlifati, Ayumna. (2022). *Penggunaan perangkat lunak Cubicost TAS dan TRB pada perhitungan ulang quantity take off pekerjaan struktur beton dan baja tulangan (Studi kasus Proyek Pembangunan Gedung F Fakultas Psikologi UGM)*. Universitas Gadjah Mada.