

Studi Perbandingan Penggunaan Software Tekla dan Konvensional dalam Perhitungan *Bar Bending Schedule* pada Proyek Kantor Inkasa Kertajaya

Mohamad Adi Prasetya¹, Nurul Rochmah², Masca Indra Triana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

¹E-mail: mohamadadi501by@gmail.com

²E-mail: nurul-rochmah@untag-sby.ac.id

³E-mail: masca.indra@sbm-itb.ac.id

In the construction sector, there is the term BIM, which stands for Building Information Modeling. BIM is a system that forms a process in conveying information or digital references for more accurate physical and functional characteristics about a construction which includes AEC (Architecture, Engineering, and Construction). BIM includes sharing information related to a project/building, from the beginning of planning (pre-construction), implementation (construction), maintenance (maintenance) to demolition (demolition) of the building. The dimensional approach to BIM is known to have advantages, in contrast to conventional applications which are generally still limited to the 3D stage. It is known that BIM can be utilized up to the concepts of 4D (scheduling), 5D (estimating), 6D (sustainability), and 7D (facility management applications) approaches.

In this final assignment proposal, we will discuss the use of the Building Information Modeling (BIM) concept by creating 3D modeling of structural work using Tekla Student Version software in working on bar bending schedules. Tekla software can produce iron calculations on beams and columns assisted by Microsoft Excel software. The calculation results from Tekla will be compared with conventional methods, comparisons will also be made regarding processing time, calculations, cost estimates and material waste in beam & column reinforcing steel.

It is hoped that this can provide an illustration that using computer software is more effective, efficient and can minimize material waste. So research is needed in implementing the BIM concept to see the differences in results between software and (conventional) project data. The building used as the research object is the Inkasa Office Project Construction, Kertajaya Office which is located in the city of Surabaya, East Java, has 5 floors + 1 roof, a land area of 33m long, 27m wide and a building area of 468m². The function of the building is as an office.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), waste, cost.

I. LATAR BELAKANG

Dalam bidang konstruksi mengenal istilah BIM, singkatan dari Building Information Modelling. BIM adalah suatu sistem yang membentuk proses dalam menyampaikan informasi atau referensi digital karakteristik fisik dan fungsional yang lebih akurat tentang suatu konstruksi yang mencakup AEC (Architecture, Engineering, and Construction). BIM meliputi berbagi informasi yang berkaitan pada suatu proyek/bangunan, dari awal perencanaan (pra-konstruksi), pelaksanaan (konstruksi), pemeliharaan (maintenance) hingga pembongkaran (demolition) bangunan. Pendekatan dimensi pada BIM diketahui memiliki keunggulan, berbeda dengan aplikasi konvensional yang umumnya masih terbatas pada tahap 3D. BIM diketahui dapat dimanfaatkan hingga konsep pendekatan 4D (scheduling), 5D (estimating), 6D (sustainability), dan 7D (facility management applications) (Baskoro, 2019). Pengaplikasian konsep BIM pada suatu proyek dapat memungkinkan untuk membuat desain

struktur, menampilkan visualisasi model sebelum bangunan itu dibuat, membuat simulasi untuk memperlihatkan pekerjaan yang akan dilakukan, menganalisis struktur terutama saat ada perubahan desain dengan cepat dan saling bertukar informasi terkait kemajuan maupun kendala pada proyek. Diantara software yang dapat digunakan untuk mengaplikasikan BIM adalah Tekla Structures, diantara keunggulan yang dimiliki Tekla Structures adalah kemudahan membuat design-build, hal ini didasarkan karena dari model yang telah dibuat akan langsung didapat detail gambar yang diinginkan (Minawati et al., 2017).

Dengan menggunakan BIM dapat meminimalisir kegagalan konstruksi, pabrikasi, dan lain-lain, sehingga selain dapat mengefisienkan waktu, juga dapat mengefisienkan mutu dan juga biaya. Tekla Structures merupakan salah satu software yang berbasis BIM yang memiliki kemampuan dalam hal membuat modeling, detailing, engineering, drawing, reporting dan manajemen

dengan konsep tiga dimensi dimana seluruh objek struktur direpresentasikan lengkap dengan segala informasinya. Modeling dengan ribuan jenis profil, bentuk dan sambungan dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan mengurangi kesalahan (Arystianto & Kurniawan 2021).

Tekla Structures adalah software yang berbasis BIM dan memiliki keunggulan dalam membuat modeling, detailing, engineering, drawing, reporting dan manajemen, dimana seluruh objek struktur direpresentasikan lengkap dengan segala informasinya. Modeling dengan ribuan jenis profil, bentuk dan sambungan dapat dilakukan dengan mudah, cepat, dan mengurangi kesalahan (Arystianto & Kurniawan, 2021).

Pembuatan perhitungan kuantitas pembesian dapat menggunakan metode definitive (Bar Bending Schedule). Bar bending schedule berisi daftar detail bentuk tulangan, jumlah tulangan, panjang tulangan, serta dimensi tulangan yang diperlukan. Bar Bending Schedule ini nantinya akan menghasilkan kuantitas besi dalam satuan berat (Angir, Ekajaya, Santoso, & Proboyo, 2017). Salah satu masalah dalam pembuatan bar bending schedule adalah pengerjaannya membutuhkan waktu relatif lama dan tidak efisien. Maka dari itu, diperlukan cara lain untuk dapat mempermudah estimasi kuantitas pembesian tersebut (Hartono, Arniati, & Sunarmasto, 2015).

Kendala serius yang menjadi catatan penting bagi perusahaan konstruksi adalah kurangnya optimalisasi penggunaan material besi tulangan untuk mengurangi waste/sisa material. Material konstruksi begitu penting untuk menentukan nilai biaya suatu proyek. Tetapi pada kenyataannya, baik saat tender maupun pelaksanaannya, pengoptimalisasian material besi masih diabaikan. Hal ini dikarenakan kurangnya tenaga ahli dan kurangnya pengetahuan untuk menghitung kebutuhan material besi yang efektif dan efisien. Sebagai perusahaan dalam bidang konstruksi diharapkan sistem BIM ini dapat mengoptimalisasikan penggunaan material besi, sehingga mampu mengurangi biaya proyek dan menambah keuntungan bagi perusahaan.

Dalam proposal tugas akhir ini akan membahas penggunaan konsep Building Information Modeling (BIM) dengan membuat 3D modelling pada pekerjaan struktural menggunakan software Tekla Student Version dalam pengerjaan bar bending schedule. Software Tekla dapat menghasilkan perhitungan besi pada balok dan

kolom yang dibantu dengan software Microsoft Excel. Hasil perhitungan dari Tekla akan dibandingkan dengan cara konvensional, perbandingan juga akan dilakukan mengenai waktu pengerjaan, perhitungan, estimasi biaya dan waste material pada besi tulangan balok & kolom. Diharapkan dapat memberikan gambaran bahwa dalam menggunakan software komputer lebih efektif, efisien serta dapat meminimalisasi waste material. Maka dibutuhkan penelitian dalam pengimplementasian konsep BIM dalam melihat perbedaan hasil antara software dengan data proyek (konvensional). Bangunan yang dijadikan sebagai objek penelitian yaitu Pembangunan Proyek Kantor Inkasa, Office Kertajaya yang terletak di kota Surabaya, Jawa Timur, memiliki 5 lantai + 1 atap, luas lahan dengan panjang 33m lebar 27m dan luas bangunan 468m². Fungsi dari bangunan adalah sebagai kantor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Alur pengerjaan BBS dengan metode konvensional adalah dimulai dengan membuat sketsa gambar pembesian menggunakan software Autodesk AutoCAD 2D. Selanjutnya membuat tabulasi perhitungan dengan software Microsoft Excel untuk mendapatkan data kebutuhan panjang dan jumlah tulangan. Kemudian dilakukan penyusunan isi bar bending schedule dengan software Autodesk AutoCAD 2D. Pengerjaan BBS dengan metode konvensional memakan waktu selama 39 jam. Sedangkan untuk pengerjaan BBS dengan metode BIM dimulai dengan memodelkan struktur beton bertulang pada software Tekla Structures. Kemudian dilakukan pengeluran output tabulasi daftar penulangan, selanjutnya menyusun isi bar bending schedule. Semua pengerjaan dilakukan dengan software Tekla Structures dengan memakan waktu selama 24jam. Ditinjau dari analisa mutu, pembuatan BBS dengan metode BIM menggunakan software Tekla Structures mendapatkan nilai sebesar 88 %, sedangkan pembuatan BBS dengan metode konvensional mendapatkan nilai sebesar 38 %, dengan perbedaan nilai mutu sebesar 50%. Ditinjau dari analisa waktu, dengan metode BIM menggunakan software Tekla Structures juga lebih cepat 38 % dibandingkan dengan metode konvensional (Mulkan, 2022)

Berdasarkan studi kasus berapa selisih perhitungan volume existing (konvensional) dengan volume hasil Quantity Take Off menggunakan konsep Building Information Modeling (BIM) pada pekerjaan struktural. dapat disimpulkan, bahwa dengan metode BIM dapat meningkatkan akurasi volume pada pekerjaan struktural. Pada masing - masing pekerjaan menunjukkan selisih tertentu, pekerjaan pondasi foot plat memiliki selisih 0%, pekerjaan sloof memiliki rata - rata selisih sebesar 3.5%, pekerjaan balok memiliki rata-rata selisih sebesar 9.65%, pekerjaan kolom memiliki rata-rata selisih sebesar 3.52%, dan pekerjaan plat lantai memiliki rata-rata selisih sebesar 5.2%.

Berdasarkan studi kasus pengaruh penerapan konsep BIM dalam integrasi dan kolaborasi dari perspektif pengguna yang dilakukan oleh dua responden, ditarik kesimpulan bahwa penerapan konsep BIM dalam integrasi dan kolaborasi mampu meminimalisir terjadinya kesalahan di lapangan, mampu mengurangi biaya proyek, dan memudahkan komunikasi dan integrasi (Apriansyah, 2021).

Perhitungan kebutuhan besi tulangan dan pembuatan BBS dengan metode pendekatan BIM lebih disarankan karena lebih efektif dan efisien hal ini ditinjau dari segi mutu, waktu dan biaya. Dari segi mutu, dengan menggunakan metode pendekatan BIM pekerjaan lebih detail, minim rework dan disertai detail gambar yang akurat. Dari segi waktu perhitungan kebutuhan besi tulangan dan pembuatan BBS dengan metode pendekatan BIM lebih efisien 38% dari metode konvensional. Dari segi biaya untuk biaya volume pekerjaan nantinya dilapangan, dengan menggunakan metode pendekatan BIM dapat menekan biaya sebesar 1-5% dari biaya yang dihasilkan dengan cara konvensional. Untuk biaya operasional, dengan memilih menggunakan biaya untuk investasi pada software BIM dalam hal ini adalah Tekla Structures akan menghemat 76,91% dari biaya yang digunakan untuk jasa vendor. Karena, apabila terdapat 10 proyek dengan luas 20.000 m² yang baru dikerjakan, dengan memilih opsi pembelian software BIM, pengembalian modal akan lebih kecil dari pada menggunakan jasa vendor, sehingga proyek akan mendapatkan keuntungan lebih cepat dan lebih besar (Baskoro, 2019).

Selain aplikasi Tekla Structure, pendetailan gambar 2D pada penelitian ini juga menggunakan aplikasi AutoCAD karena dapat mempermudah

dan mempercepat pekerjaan. Pada tinjauan ini Tekla Structure ditujukan untuk mengambil detail gambar 2D dari model 3D yang telah dibuat beserta merubah sebagian format sesuai kebutuhan, kemudian setelah itu dilanjut mengoperasikan Aplikasi AutoCAD yang berperan memasukkan model ke dalam normalisasi dan merapikan gambar. Perhitungan Volume Komponen Material Setelah memilih bagian mana saja yang ingin diketahui volumenya, dilanjutkan menganalisis volume dengan menyesuaikan format template laporan yang dibutuhkan. Pada tinjauan ini juga perlu menggunakan Aplikasi Excel agar dapat memudahkan dalam membuat dan menampilkan rekapitulasi hasil perhitungan. (Wibowo, Purwanto, dan Winarno, 2020).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kebutuhan besi tulangan dengan menggunakan metode bar bending schedule untuk mendapatkan volume besi tulangan yang nantinya akan dibandingkan antara hitungan metode konvensional dengan pendekatan BIM dan mengetahui waste besi tulangan, biaya dan waktu pengerjaan. Tahap pengumpulan data adalah tahap kedua setelah tahap persiapan sudah dilakukan secara matang. Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap tahapan pelaksanaan unit kerja, temuan di lapangan. Data primer yang dibutuhkan penulis dalam penelitian ini meliputi gambar kerja, rencana anggaran biaya khususnya pada balok dan kolom pada proyek, panjang pemotongan tulangan yang diukur menggunakan alat ukur, dan tipe pemasangan tulangan. Wawancara dilakukan penulis kepada Site Engineer proyek yang berkaitan dengan penelitian penulis seperti kebutuhan material, ukuran struktur bangunan, dan optimasi waste material proyek. Hal yang didapatkan penulis melalui wawancara meliputi penerapan gambar kerja pada proyek, perakitan besi tulangan, kendala yang terjadi saat pabrikasi, kesalahan pemotongan tulangan yang bisa terjadi, penempatan material besi agar tidak mengganggu kegiatan yang lain. Pemodelan dan analisis dilakukan dua cara analisis yaitu perhitungan kebutuhan material besi tulangan secara konvensional yaitu menggunakan bantuan Microsoft Excel dan perhitungan kebutuhan material besi tulangan menggunakan cara

pendekatan BIM. Perhitungan kebutuhan material besi tulangan secara konvensional dilakukan dengan cara menghitung kebutuhan menggunakan bantuan software Microsoft Excel. Perhitungan kebutuhan material besi tulangan berdasarkan standar detail dan detailing penulangan yang terdapat pada shop drawing. Perhitungan kebutuhan material besi tulangan dengan cara pendekatan BIM dilakukan dengan bantuan software Tekla Student Version. Tahap awal adalah pemodelan struktur 3D Kantor Inkasa, Kertajaya yang akan diteliti dari file 2D menjadi file format IFC. Selanjutnya, format file IFC struktur Kantor Inkasa, Kertajaya di import ke dalam software Tekla Student Version. Setelah diimport kedalam Tekla Student Version kemudian dibuat pemodelan tulangan berdasarkan gambar kerja yang sudah didapat. Setelah pemodelan tulangan selesai dan sesuai dengan standar detail serta detail penulangan yang terdapat pada gambar kerja, selanjutnya adalah memunculkan BBS (Bar Bending Schedule) yang berisi data penulangan seperti bentuk, jumlah dan panjang penulangan. Dari data BBS kemudian dihitung dan dibandingkan mengenai biaya, waktu pengerjaan serta waste/sisa tulangan menggunakan bantuan Microsoft Excel, pada tahap ini memilih waste/sisa tulangan yang paling kecil untuk menekan biaya pengeluaran dalam pengadaan besi tulangan.



Gambar 1. Lokasi penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

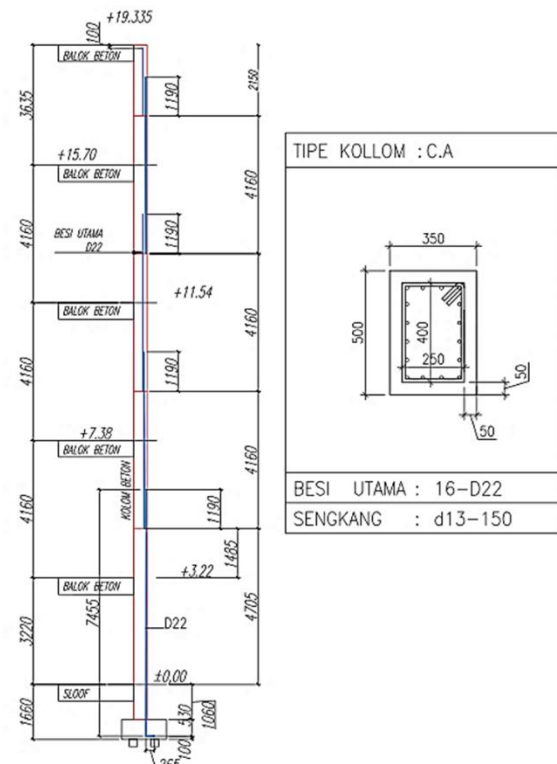
Perhitungan Kebutuhan & Tulangan Pada Kolom Menggunakan Metode Konvensional.

Perhitungan jumlah dan panjang pada bentang tulangan yang digunakan, maka kolom dikelompokkan berdasarkan tipe. Adapun tipe kolom pada pembangunan Kantor Inkasa

Kertajaya Surabaya dapat dilihat pada lampiran di bawah ini. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom yang digunakan.

TIPE KOLLOM .C.A	TIPE KOLLOM .C.B	TIPE KOLLOM .C.C
BESI UTAMA : 16-D22	BESI UTAMA : 12-D22	BESI UTAMA : 14-D22
SENGKANG : d13-150	SENGKANG : d13-150	SENGKANG : d13-150
COVER : 50 mm	COVER : 50 mm	COVER : 50 mm

Gambar 2. Detail kolom tipe C.A, C.B & C.C



Gambar 3. Gambar Tulangan Kolom CA Di Lantai-1

A. Sengkang



Gambar 4. Besi Sengkang Kolom CA

Diemeter yang digunakan = D13

Jumlah Tulangan
 = Tinggi besi kolom (m) : jarak sengkang (m)
 = 7,46 (m) : 0,15 (m)
 = 49,7 (m) dibulatkan = 50 batang

Total Tulangan
 = jumlah kolom x jumlah tulangan
 = 5 x 50
 = 250 batang

Jumlah Bengkokan
 = 5 (Tertera pada gambar 4.3, nomor 1~5)

Panjang Bengkokan
 = (standard spesifikasi teknis penulangan x diameter besi) x jumlah bengkokan (nomor 4 & 5, gambar isometri)
 = (6 x 13) x 2
 = 156 mm

Panjang Batang
 = Panjang bengkokan (m) + sisi penulangan bagian kiri 2~3 (m) + sisi penulangan bagian kanan 1~5 (m) + sisi penulangan bagian atas 3~5 (m) + sisi penulangan bagian bawah 1~2 (m)
 = 0,156 + 0,3 + 0,3 + 0,45 + 0,45
 = 1,656 m

Total Panjang Seluruh Batang
 = Total tulangan x panjang batang (m)
 = 250 x 1,656 = 414 m

Berat Total Tulangan
 = Total panjang batang (m) x standard spesifikasi berat besi tulangan D13
 = 414 m x 1,04 kg/m'
 = 430,6 kg

Pemakaian Bahan dalam 1 Batang Utuh
 = Panjang 1 batang besi utuh (m) : panjang batang (m)
 = 12 : 1,656
 = 7,23 dibulatkan = 7 batang

Sisa Tulangan
 = Panjang 1 batang besi utuh (m) – (panjang batang (m) x jumlah pemakaian bahan dalam 1 batang utuh)
 = 12 – (1,656 x 7)
 = 0,408 m

Jumlah Panjang Sisa Tulangan
 = Panjang sisa tulangan (m) x (total tulangan : jumlah pemakaian bahan dalam 1 batang utuh)
 = 0,408 x (245 : 7)
 = 14,28 (m)

Berat Sisa Tulangan
 = Jumlah panjang sisa tulangan (m) x standard spesifikasi berat besi tulangan D13
 = 14,28 m x 1,04 kg/m'

= 14,85 kg

B. Tulangan Utama

Diameter yang digunakan
 = D22

Lokasi
 = Grid C As 3,4 & Grid D As 2,3,4 (tertera pada gambar 4.4, halaman 78.)

Jumlah Tulangan
 = 16 unit

Total Tulangan
 = Jumlah kolom x jumlah tulangan
 = 5 x 16
 = 80

Jumlah Bengkokan
 = 1 (Tertera pada gambar 4.3, nomor 1~5)

Panjang Bengkokan
 = standard spesifikasi teknis penulangan x diameter besi x jumlah bengkokan (nomor 1)
 = 12 x 22 x 1
 = 264 mm

Sambungan Besi
 = Standard spesifikasi teknis sambungan besi D22
 = 1,190 m

Tinggi Besi Kolom
 = (Tinggi pile cap (m) – tebal selimut beton (m)) + tinggi kolom (m) + sambungan besi (m)
 = (0,630 – 0,1) + 4,705 + 1,190
 = 7,455 m

Panjang Batang
 = Panjang bengkokan (m) + tinggi besi kolom (m)
 = 0,264 + 7,455 = 7,719 m

Total Panjang Seluruh Batang
 = Total tulangan x Panjang Batang (m)
 = 16 x 7,719
 = 123,5 m

Berat Total Tulangan
 = Total panjang seluruh batang x standard spesifikasi teknis berat besi D22
 = 123,5 m x 2,98 kg/m'
 = 368,1 kg

Pemakaian Bahan dalam 1 Batang Utuh
 = Panjang 1 batang besi utuh (m) : panjang batang (m)
 = 12 : 7,719
 = 1,56 mdibulatkan = 1 batang

Sisa Tulangan
 = Panjang 1 batang besi utuh (m) – (panjang batang

(m) x jumlah pemakaian bahan dalam 1 batang utuh
 (m)
 = 12 - (7,719 x 1)
 = 4,281 m

Jumlah Panjang Sisa Tulangan
 = Panjang sisa tulangan (m) x (total tulangan : jumlah pemakaian bahan dalam 1 batang utuh)
 = 4,281 x (80 : 1)
 = 342,5 m

Berat Sisa Tulangan
 = Jumlah panjang sisa tulangan (m) x standard spesifikasi berat besi tulangan D22
 = 342,5 m x 2,98 kg/m³
 = 1.020,6 kg

Rekap kebutuhan tulangan pada kolom & balok pada proyek pembangunan Kantor Inkasa Kertajaya dengan menggunakan metode konvensional. Adapun langkah-langkah perhitungan rekapitulasi kebutuhan sesuai dengan diameter besi mulai lantai 1~6 dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 1. Perbandingan berat kebutuhan besi konvensional dengan BOQ penulangan

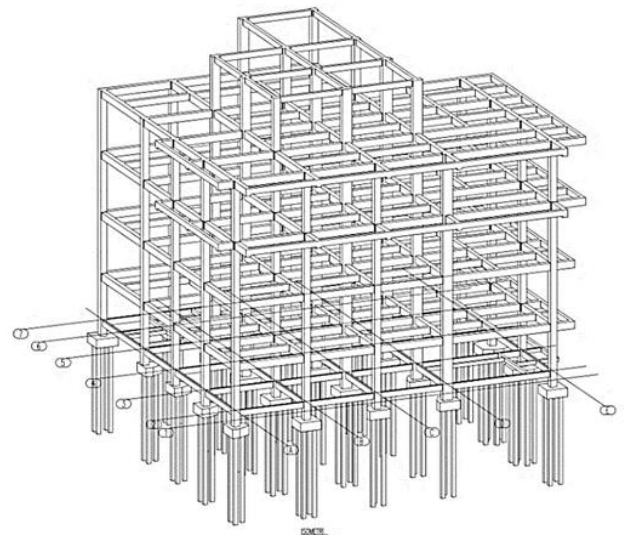
Diameter Besi	KONVENSIONAL		BOQ Penulangan		Persentase Selisih (%)
	Volume Sebelum Optimasi		Berat (kg)	Batang	
D10	6646,8	899,0	13246,8	941,0	49,8
D13	46473,8	3822,0	54897,8	3862,0	15,3
D16	9313,5	500,0	22945,5	546,0	59,4
D22	25771,6	798,0	43723,6	834,0	41,1
Jumlah	88205,8		134813,8		34,6

Perhitungan Kebutuhan & Waste Tulangan Pada Kolom Menggunakan Metode BIM

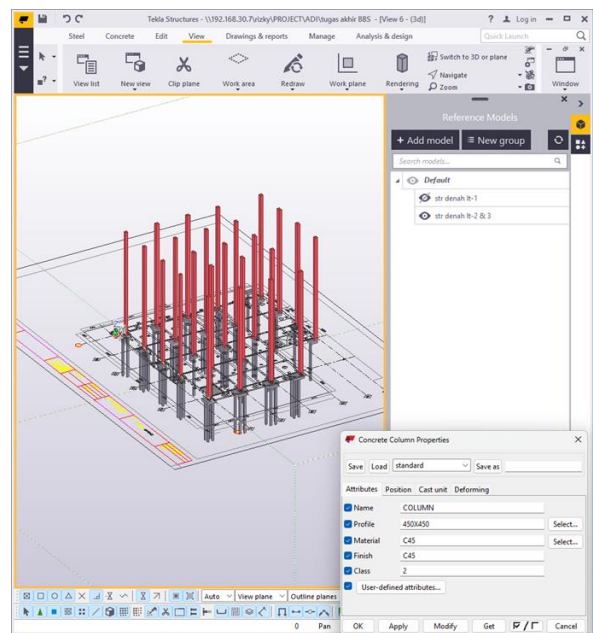
Untuk memudahkan perhitungan jumlah tulangan dan panjang tulangan yang digunakan, maka kolom dikelompokkan berdasarkan tipe-tipe kolom, pada proyek Pembangunan Kantor Inkasa Kertajaya dapat dilihat pada lampiran di bawah. Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom yang menggunakan metode BIM.

Tipe Balok : C.A	Tipe Balok : C.B	Tipe Balok : C.C
BESI UTAMA : 16-D22	BESI UTAMA : 12-D22	BESI UTAMA : 14-D22
SENGKANG : d13-150	SENGKANG : d13-150	SENGKANG : d13-150
COVER : 50 mm	COVER : 50 mm	COVER : 50 mm

Gambar 5. Detail kolom tipe C.A, C.B & C.C



Gambar 6. Perspektif Kantor Inkasa Kertajaya



Gambar 7. Pemodelan seluruh kolom

menampilkan hasil dari modeling pembesian yaitu memilih objek modeling kolom, pada menu bar pilih drawing & report – report – CIP Bil Of Material – Create From Selection, maka akan muncul seperti gambar di bawah ini.

Qty:	Name:	Mark:	Material:	Length(m Profile:	Volume	Total	Volume
1	COLUMN	C.B-3	C30	2075	450X450	0,42	1008

Bent Rebar List:						Total	Total
Qty:	Typ:	Grade:	Size:	Length(mm):	Length(mm):	Weight(kg):	
13		SD400	13	1564	20333	20	
12	G100	SD400	22	3973	47676	145	

Pemakaian Bahan Dalam 1 Batang Utuh

= Panjang 1 batang besi utuh (m) : (panjang kebutuhan besi (m)

= 12 : 1,564
 = 7,67 dibulatkan = 7 batang
Kebutuhan Besi
 = pemakaian bahan dalam 1 batang utuh :
 kebutuhan besi
 = 12 : 7
 = 1 batang

Sis Tulangan

= Panjang 1 batang besi utuh (m) – (panjang
 batang (m) x jumlah pemakaian bahan dalam 1
 batang utuh)
 = 12 – (1,564 x 7)
 = 1,052 m

Jumlah Panjang Sisa Tulangan

= Panjang sisa tulangan (m) x jumlah kebutuhan
 besi
 = 1,052 x 2
 = 2,1 m

Berat Sisa Tulangan

= Jumlah panjang sisa tulangan (m) x standard
 spesifikasi berat besi
 tulangan D13
 = 1,042 x (2 x 1,052)
 = 2,19

Rekap kebutuhan tulangan pada kolom & balok
 pada proyek pembangunan Kantor Inkasa
 Kertajaya dengan menggunakan metode
 pendekatan BIM. Adapun langkah-langkah
 perhitungan rekapitulasi kebutuhan sesuai dengan
 diameter besi mulai lantai 1~6 dapat dilihat pada
 tabel 4.2.

Tabel 2. Perbandingan berat kebutuhan besi
 BIM dengan BOQ penulangan

Diameter Besi	BIM		BOQ Penulangan		Persentase Selsih (%)
	Vokume Sebelum Optimasi		Berat (kg)	Batang	
	Berat (kg)	Batang	Berat (kg)	Batang	
D10 =	5940,2	875,0	13246,8	941,0	55,2
D13 =	42451,8	3603,0	54897,8	3862,0	22,7
D16 =	9385,7	536,0	22945,5	546,0	59,1
D22 =	21832,9	775,0	43723,6	834,0	50,1
Jumlah=	79610,6		134813,8		40,9

2. Tinjauan waktu

Perhitungan menggunakan metode konvensional & pendekatan BIM dengan lingkup kerja lantai bawah sampai atas dengan objek adalah balok & kolom dapat dikerjakan dengan waktu yang berbeda antara metode konvensional & pendekatan BIM. Perbedaan waktu pengerjaan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 3. Kajian waktu pengerjaan antara metode konvensional dengan BIM

No	Uraian Pekerjaan	Hari Ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
A Metode Konvensional								
1	Pembuatan Tabel Excel							
2	Input Berat Jenis Besi							
3	Perhitungan Besi Kolom							
4	Perhitungan Besi Sloof & Balok							
5	Cek Perhitungan							
6	Perhitungan Optimalisasi Potongan Besi							
7	Rekap Besi Tulangan							
B Metode Pendekatan BIM								
1	Pembuatan Kop Gambar							
2	Pembuatan Berat Jenis Tulangan							
3	Pembuatan Grid							
4	Input Gambar Desain ke Tekda							
5	Modeling Kolom							
6	Modeling Tulangan Kolom							
7	Modeling Sloof & Balok							
8	Modeling Tulangan Sloof & Balok							
9	Export Data							
10	Cek Perhitungan							
11	Perhitungan Optimalisasi Potongan Besi							
12	Rekap Besi Tulangan							

b. Biaya Operasional

Biaya yang dianggarkan untuk pembiayaan dalam mengerjakan satu proyek, dimana hitungan pekerja 1 bulan 1 orang senior engineer (konvensional) adalah Rp. 5.000.000,00 & untuk senior engineer (BIM) adalah Rp. 6.500.000,00. Untuk mengetahui Biaya operasional yang dibutuhkan dalam menghitung kebutuhan besi tulangan pada proyek Inkasa Kertajaya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. Perbandingan biaya operasional

NO	METODE	JUMLAH TENAGA	BIAYA PER HARI	WAKTU (HARI)	TOTAL BIAYA
1	Konvensional	1 junior engineer	Rp 153.846	3	Rp 461.538,46
		1 senior engineer	Rp 192.308	3	Rp 576.923,08
Total					Rp 1.038.461,54
2	BIM	1 junior engineer	Rp 184.615	2	Rp 369.230,77
		1 senior engineer	Rp 250.000	2	Rp 500.000,00
Total					Rp 869.230,77

V. KESIMPULAN

Hasil Perhitungan BBS dengan cara konvensional dan pendekatan BIM kesimpulannya bisa dilihat di bawah ini:

1. Kebutuhan besi tulangan dan Bar Bending Schedule dengan menggunakan metode konvensional dan menggunakan pendekatan BIM pada Proyek Kantor Inkasa, Kertajaya yaitu sebesar:

Diameter Besi	BIM		KONVENSIONAL		BOQ Pemulangan	
	Volume Sebelum Optimasi		Volume Sebelum Optimasi			
	Berat (kg)	Batang	Berat (kg)	Batang	Berat (kg)	Batang
D10 =	5940,2	875,0	6646,8	899,0	13246,8	941,0
D13 =	42451,8	3603,0	46473,8	3822,0	54897,8	3862,0
D16 =	9385,7	536,0	9313,5	500,0	22945,5	546,0
D22 =	21832,9	775,0	25771,6	798,0	43723,6	834,0
Jumlah=	79610,6		88205,8		134813,8	

Jadi kebutuhan total besi tulangan pada Metode Konvensional adalah 88.205,8 kg, metode pendekatan BIM 79.610,6 kg dan volume pemesanan besi (BQ) 134.813,8 kg.

2. Tinjauan biaya dan waktu pengerjaan terhadap perhitungan kebutuhan besi tulang dan Bar Bending Schedule dengan menggunakan metode konvensional dan menggunakan pendekatan BIM pada Proyek Kantor Inkasa, Kertajaya yaitu :

a. Tinjauan waktu

Metode Konvensional: 3 hari
 Metode Pendekatan BIM: 2 hari

b. Tinjauan Biaya Operasional

Metode Konvensional
 1 Junior Engineer = Rp. 461.600,00
 1 Senior Engineer = Rp. 577.000,00

Metode Pendekatan BIM

1 Junior Engineer = Rp. 367.000,00
 1 Senior Engineer = Rp. 500.000,00

Jadi dari hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa kinerja menggunakan metode pendekatan BIM lebih cepat dengan selisih 1 hari dan biaya pengerjaan untuk 1 orang Senior Engineer lebih murah, dengan selisih Rp77.000,00. Dalam biaya pengadaan perangkat lunak/hardware, biaya yang paling murah adalah menggunakan metode konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

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

Arystianto, P. D., & Kurniawan, A. M. (2021). Pengaruh pemanfaatan aplikasi Building Informasi Modelling (BIM) Tekla Structure Educational terhadap pembuatan *shop drawing* dan *bill of material*. *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, 50-58.

Azizah, Ronim. (2022). Integrasi BIM dan Blockchain pada kinerja perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction). ISSN: 1411-8912. <http://siar.ums.ac.id/>.

Baskoro, I. A. (2019). *Penerapan building information modeling menggunakan Tekla Structures dalam perhitungan volume besi tulangan dan bar bending schedule*. PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung Tbk.

Dananjaya, H. M. (2020). *Aplikasi Building Information Modeling (BIM) pada gedung Asrama Universitas Islam Indonesia Internasional (UIII)*. Universitas Pertamina

Diputra, G. A., Wiranata, A. A., & Ariel, K. (2023). Perbandingan *Bill Of Quantity* (BOQ) antara dokumen kontrak dengan hasil perhitungan Tekla Structures (Studi Kasus: Proyek gedung mall di Pulau Jawa). *Jurnal Spektran*, 55-61.

Dwi, K., Taofiq, & Tugino. (2021). Penerapan SNI 2847:2019 dalam perhitungan kuantitas pekerjaan kait tulangan. *Prosiding Seminar Proposal Nasional Riset Teknologi Terapan*, e-ISSN:2747-1217

Fadhil, M., & Muhammad. (2022). *Aplikasi Building Information Modeling (BIM) menggunakan software Tekla Structures 2022 dalam pembuatan bar bending schedule*. Universitas Andalas Padang.

Gunawan, M., & Kartika, N., (2021). Penerapan Building Information Modelling (Bim) pada Proyek Pasar Soreang Kabupaten Bandung. *Jurnal Student Teknik Sipil*.

Hartono, W., Arniati, A. N., & Sunarmasto. (2015). Rancangan program pengerjaan *bar bending schedule* penulangan tangga dengan Visual Basic 6.0. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 412-418.

Hatmoko J, Wibowo M 2020. Edukasi Building Information Modeling (BIM) pada kontraktor kecil. *Jurnal Pasopati*.

Itsnnani, Lucky. (2021). *Perencanaan hotel 7 lantai berbasis Metode Building Information Modelling menggunakan Software Tekla Structures dan Tekla Structural Designer*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Mafrul, Afridel. (2021). *Analisis penjadwalan dan bar bending schedule dengan Building Information Modeling (BIM) Allplan*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

Minawati, R., Chandra, H. P., & Nugraha, P. (2017)., Manfaat penggunaan software Tekla Building Information Modeling (BIM) pada proyek design – build. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 2, pp. 8–15.

Nandyanto, Y. U., Beatrix, M., & Triana, M. I. (2023). Analysis quality control in project development warehouse PT Santos Jaya Abadi using the Process Decision Program Chart Method. *Formosa Journal of*

- Science and Technology*, 2(5), 1315–1330.
<https://doi.org/10.55927/fjst.v2i5.4079>
- Nobel, A. (2021). *Contoh gambar tabel pembesian balok*.
<https://blog.nobelconsultant.com/contoh-gambar-tabel-pembesian-balok/>
- Nova, S. A. W. (2020). Evaluasi perhitungan material dan biaya besi pada Proyek Rumah Dinas Polres Kota Sukabumi. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(1).
- Permana, I. (2021). Optimasi kebutuhan tulangan pada balok menggunakan program linier metode simplex dan Building Information Modeling (BIM). Universitas Islam Indonesia.
- Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Nomor 22. (2018). *Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara*.
- Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2018). *Pelatihan perencanaan konstruksi dengan sistem teknologi BIM*. Modul 5.
- Purwanto, E. Wibowo, & Ahmad, Y. W. (2020). Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) dalam rancangan Pembangunan Gedung Induk Universitas Aisyiyah Kartasura. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol 8, No. 4.
- Setiawan, J., Sutriyono, I., & Rochmah, N. (2022). *Analisis produktivitas tenaga kerja terhadap pekerjaan pembesian kolom dan balok pada Proyek Vasa Hotel Extension (Vol. 5)*.
- Sinipat, Lintang. (2023). Analisa kebutuhan material besi tulangan pada struktur beton bertulang dengan metode *bar bending schedule* pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya. *Jurnal Taguchi*, Vol. 3 No.1