

ANALISIS CLASH DETECTION DAN QUANTITY TAKE OFF STRUKTUR ATAS GEDUNG B RSUD KRIAN MENGGUNAKAN METODE BIM

Khusnul Aldi Saputra¹, Bobby Asukmajaya R², Anisah Nur Fajarwati³

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: khusnulaldisaputra@gmail.com¹, bobbyasukma@polinema.ac.id², anisah.fajar@gmail.com³

ABSTRAK

Pada proses pembangunan Gedung RSUD Krian terdapat beberapa *clash* antar disiplin dan multi disiplin yang mengakibatkan perlu adanya beberapa kali penyesuaian terhadap kondisi eksisting di lapangan. Penyelesaian *clash* akan menghambat proses pelaksanaan konstruksi karena membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *clash detection* lebih awal dan cepat pada desain sehingga pengaruh *clash* terhadap *quantity* dapat diminimalisir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan studi kasus struktur atas Gedung B RSUD Krian. *Software* yang digunakan adalah *software* berteknologi BIM buatan Autodesk yang antara lain *software* RSAP 2020 untuk analisis kekuatan struktur, Navisworks 2020 untuk *clash detection*, dan Revit 2020 untuk desain model 3D sekaligus *quantity take off* sebelum dan sesudah perbaikan *clash*. Dari hasil analisis kekuatan struktur, didapatkan bahwa struktur eksisting sudah kuat untuk menopang beban yang terjadi tanpa dilakukan perubahan terhadap dimensi dan spesifikasi elemen struktur. Hasil analisis *clash detection* ditemukan bahwa sebanyak 8466 *clashes* terjadi pada elemen struktur dengan persebaran data sebesar 98,51% *clashes* terjadi pada tulangan, 1,42% *clashes* terjadi pada material lainnya, dan 0,07% *clashes* terjadi pada beton. Sebesar 66,71% *clashes* dapat diperbaiki dengan cara menggeser elemen struktur tanpa menyebabkan perubahan *quantity*, 33,22% *clashes* dapat diselesaikan dengan mengubah bentuk elemen struktur yang menyebabkan penambahan *quantity*, dan 0,07% *clashes* dapat diperbaiki dengan mengubah bentuk elemen struktur yang menyebabkan pengurangan *quantity*. Hasil rekapitulasi *quantity take off* didapatkan bahwa perbaikan *clash* antar elemen struktur hanya berpengaruh <1% terhadap nilai perubahan *quantity* secara total. Pengaruh *clash* sangat kecil jika dibandingkan dengan nilai *overhead* wajar konstruksi yang biasanya berkisar antara 5% hingga 15% dari total nilai proyek.

Kata kunci : BIM; Autodesk; Struktur Gedung; Clash Detection; Quantity Take Off.

ABSTRACT

During the RSUD of Krian construction, several clashes between disciplines and multidisciplinary issues were found. It required multiple adjustments to the existing conditions on-site. Resolving these clashes could cause delays in construction work as it takes a significant amount of time. This research aims to analyze the clash detection earlier and faster during the design phase to minimize the impact of clashes on quantities. This research uses the quantitative method with a case study of the superstructure of Building B at RSUD Krian. BIM software that were used are developed by Autodesk, including RSAP 2020 software for structural analysis, Navisworks 2020 for clash detection, and Revit 2020 for 3D model design at once quantity takeoff before and after resolving the clashes. Based on the structural strength analysis, the existing structure is robust enough to support the anticipated loads without requiring any changes to the dimensions and specifications of the structural elements. The analysis clash detection reveals 8466 clashes in the structural elements, which are 98.51% in rebar, 1.42% in other materials, and 0.07% in concrete. Approximately 66.71% of the clashes can be resolved by adjusting the structural elements without impacting the quantities, while 33.22% of the clashes can be resolved by modifying the shape of the structural elements, resulting in increased quantities. Additionally, 0.07% of the clashes can be solved by reshaping the structural elements, leading to a reduction in quantities. A recapitulation of the quantity takeoff reveals that resolving the clashes between structural elements impacts less than 1% of the total quantity changes. The influence of clashes is a few when compared to the reasonable construction overhead value, which typically ranges from 5% to 15% of the total project value.

Keywords : BIM; Autodesk; Building Structure; Clash Detection; Quantity Take Off

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri konstruksi adalah salah satu sektor yang paling bergantung pada informasi dan metode komunikasi tradisional, seperti kertas dokumen. Kelalaian dan kesalahan dalam kertas dokumentasi dan pertukaran gambar sering menyebabkan adanya tambahan biaya lapangan yang tidak terduga dan keterlambatan dalam proyek^[1]. Selain itu, komunikasi lintas disiplin ilmu antara berbagai profesional di sektor konstruksi dapat menjadi tolak ukur kinerja produktivitas suatu proyek^[2]. Kurangnya integrasi dalam proses kerja tradisional dapat menyebabkan kesalahan, tidak terstruktur, dan tidak kolaboratif dalam proses transfer dokumen antar pihak^[1]. Teknologi *Building Information Modeling* (BIM) melengkapi pengguna dengan informasi bangunan yang benar dan informatif, mengakomodasi fungsi-fungsi yang diperlukan untuk memodelkan bangunan, dan menyediakan tampilan virtual dari model bangunan sebelum bangunan sebenarnya dibangun^[3]. Teknologi BIM dapat meningkatkan komunikasi antar lintas disiplin. Teknologi BIM juga dapat memberikan koordinasi yang lebih baik dan lebih sedikit kesalahan, sehingga mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas dengan kualitas kerja yang lebih tinggi.

Building Information Modeling adalah suatu sistem atau teknologi di bidang AEC (*Architecture, Engineering, dan Construction*) yang mampu menyimulasikan seluruh informasi penting dalam proses desain, konstruksi, dan perawatan yang terintegrasi pada pemodelan 3D^[4]. Penggunaan teknologi BIM untuk saat ini semarak digaungkan oleh berbagai macam instansi. Akan tetapi, sebagian proyek yang sedang berlangsung masih jarang yang menggunakan metode BIM. Salah satu proyek konstruksi yang belum menggunakan metode BIM adalah Proyek Pembangunan RSUD Krian di Kabupaten Sidoarjo. Pada

proses pembangunannya terdapat beberapa kendala karena terjadi *clash* antar disiplin dan multi disiplin. Terjadi *clash* mengakibatkan perlu adanya beberapa kali penyesuaian terhadap kondisi eksisting di lapangan. Penyesuaian tersebut tentu sangat menghambat dalam proses pelaksanaan konstruksi karena membutuhkan waktu yang lebih lama dalam penyelesaiannya. Teknologi BIM memungkinkan *clash detection* lebih awal dan cepat pada desain sehingga dapat menghemat anggaran biaya pelaksanaan konstruksi^[5].

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dalam penelitian ini penulis akan menganalisis *clash detection* dan persentase hasil *quantity take off* struktur atas Gedung B RSUD Krian menggunakan metode BIM. Diharapkan analisis *clash detection* dapat mengurangi risiko dan terjadinya *rework* yang akan terjadi dari adanya kesalahan desain struktur pada awal perencanaan dan dapat mengukur nilai risiko dari *clash detection* terhadap *quantity take off* menggunakan BIM

State of The Art

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *Clash Detection* dan BIM akan dijelaskan oleh penulis dalam bentuk meta analisis pada **Tabel 1**. Disimpulkan bahwa pengimplementasian metode BIM pada proses *clash detection* menunjukkan hasil yang lebih efektif dan efisien karena *clash* dapat terdeteksi secara rinci dalam desain sehingga dapat segera diselesaikan sebelum proses konstruksi dilaksanakan.

Dalam penelitian ini, kebaruan keilmuan diperoleh dengan cara mengidentifikasi dan menganalisis hasil implementasi BIM dari proses desain struktur hingga pengambilan data *quantity* setelah dan sebelum dilakukan *clash detection* dengan menggunakan studi kasus struktur atas Gedung B RSUD Krian Sidoarjo.

Tabel 1. Meta Analisis Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Metode/Software	Hasil Penelitian
Muhamad Rifqi Ramadhani ^[6]	<i>Analisis Clash Detection dan Quantity Take off</i> Berbasis <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Bengkel Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang	Metode kasus, kuantitatif, Autodeks Revit, RSA Professional, Navisworks Manage	Ditemukan ada sekitar 4220 <i>clash</i> pada tulangan. Hasil selisih yang didapatkan dari perbandingan perhitungan <i>quantity</i> adanya <i>clash</i> dan setelah solusi memiliki nominal sebesar 119, panjang tulangan 2790,56 m, dan berat tulangan 17965,21 kg. Adanya pemberian solusi pada <i>clash detection rebar</i> membuat hasil <i>quantity</i> menjadi besar.
Muhammad Riyan Hidayat, dkk ^[7]	Penerapan Metode <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada Struktur Pembangunan Gedung FKPPi Kota Banjarmasin	Metode tindakan, kuantitatif, SAP2000, Tekla Structure	Penerapan BIM menghasilkan perhitungan struktur yang aman dan anggaran biaya pekerjaan sebesar Rp584.874.100 (sudah termasuk PPN).

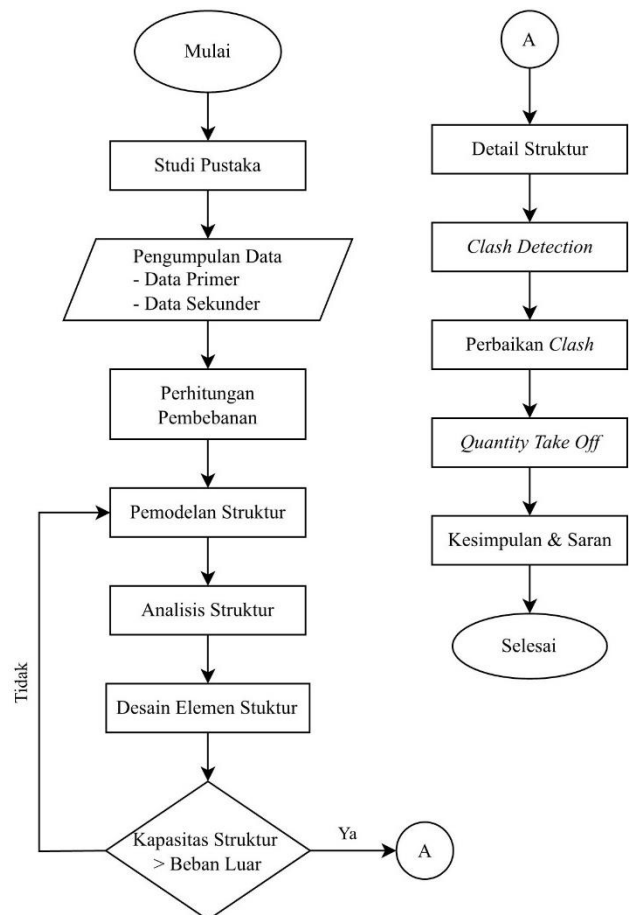
A. S. Hadi, dkk ^[8]	<i>Integrity of Revit with Structural Analysis Softwares</i>	Metode kasus, kuantitatif, Autodesk Revit, RSA Professional, Etabs	Terdapat perbedaan hasil persentase tulangan untuk masing-masing elemen struktural yang dihitung dengan RSA dan Etabs dibandingkan dengan metode konvensional. Penggunaan metode BIM dapat memungkinkan <i>engineer</i> untuk memeriksa beberapa skenario struktur yang berbeda sehingga didapatkan skenario struktur yang aman dan ekonomis.
D. M. Savitri, dkk ^[9]	<i>Clash Detection Analysis With BIM-Based Software On Midrise Building Construction Project</i>	Metode deskriptif, kuantitatif, Autodesk Revit, Navisworks Manage	Perkiraan adanya perubahan biaya dan kuantitas karena penyelesaian bentrokan struktural sebesar >1% perubahan, arsitektur sebesar <15% perubahan, dan MEP sebesar <0,5% perubahan.
Emad Kasra Kermanshahi, dkk ^[5]	<i>Implementation of Building Information Modeling for Construction Clash Detection Process in the Design Stage: A Case Study of Malaysian Police Headquarter Building</i>	Metode tindakan, kuantitatif, Autodesk Revit, Navisworks Manage	Pengimplementasian BIM untuk proses <i>clash detection</i> pada tahap desain menunjukkan hasil yang lebih efektif dan efisien karena tanpa menggunakan tenaga kerja langsung di lapangan. <i>Software</i> Revit dan Navisworks dapat mendeteksi <i>clash</i> dalam desain sehingga dapat segera diselesaikan sebelum proses konstruksi dilaksanakan.

Sumber: Hasil Olah Data Penulis, 2023

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang bersifat studi kasus untuk mempelajari keadaan dan interaksi lingkungan suatu objek tertentu secara sistematis dan menggunakan berbagai model yang bersifat matematis. Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara, pemeriksaan dokumen, dan studi literatur. Penelitian ini akan berfokus hanya pada struktur atas Gedung B RSUD Krian Sidoarjo yang terletak di Jl. Bibis Bunder, Kamera'an, Tambak Kemerakan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

Setelah studi pustaka dan pengumpulan data, dimensi eksisting elemen struktur akan digunakan dalam pemodelan *preliminary design*. Analisis kekuatan struktur menggunakan *software* RSA Professional 2020 yang mengacu pada peraturan Standart Nasional Indonesia terbaru. Gaya dalam struktur yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisis ulang kekuatan elemen struktur eksisting karena dilatasi struktur. Setelah elemen struktur dinyatakan layak maka akan dilakukan pendetailan model 3D struktur pada *software* Revit 2020. Model 3D tersebut diekspor kedalam *software* Navisworks 2020 untuk dilakukan *clash detection* karena hasil *clash* yang terdeteksi lebih tepat dan efektif. Hasil *clash* diperbaiki dengan *software* Revit 2020 yang terintegrasi dengan *software* Naviswork 2020. Pada tahap akhir, dilakukan *quantity take off* menggunakan *software* Revit 2020 sebelum dan sesudah perbaikan *clash* dengan melalui dua *file Master* yang berbeda.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan struktur bangunan gedung mengacu pada SNI 1727:2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung serta bangunan lain. Sedangkan untuk beban gempa diambil sesuai dengan SNI 1726:2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan non gedung. Beban yang bekerja pada Gedung B RSUD Krian adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

- a. Berat sendiri struktur bangunan gedung yang merupakan material struktur utama bangunan dihitung secara otomatis menggunakan bantuan *software* RSA Professional 2020
- b. Beban mati tambahan pada pelat lantai 1-4 sebesar 1,30 kN/m², pelat dak atap sebesar 1,05 kN/m², tangga dan bordes sebesar 5,20 kN/m², balok induk B1 sebesar 9,5 kN/m, balok anak B3 sebesar 10 kN/m, balok anak B4 sebesar 9,75 kN/m, balok anak B5 sebesar 10 kN/m, beban lift diletakkan terpusat sebesar 35 kN (pada bagian depan) dan 27 kN (pada bagian belakang), dan atap rangka baja sebesar 0,7 kN/m²

2. Beban Hidup

Beban hidup untuk rumah sakit dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan fungsi dari setiap ruangan yang dapat direduksi jika memenuhi syarat peraturan. Beban hidup tereduksi pada koridor, laboratorium, dak beton, lobby, ruang rapat, kantor, kamar mandi, ruang operasi, ruang tunggu, ruang pasien, tangga dan bordes, dan atap berturut – turut sebesar 3,22 kN/m², 2,41 kN/m², 3,22 kN/m², 4,02 kN/m², 4,02 kN/m², 2,02 kN/m², 1,61 kN/m², 2,41 kN/m², 4,02 kN/m², 1,61 kN/m², 1,92 kN/m², 0,96 kN/m².

3. Beban Air Hujan

Beban hujan yang bekerja sebesar 0,96 kN/m².

4. Beban Angin

Berdasarkan HB 212-2002, wilayah Indonesia sebagai daerah di sekitar garis ekuator masuk ke dalam level I dengan nilai kecepatan angin dasar adalah 32 m/s untuk desain beban angin pada kondisi layan (*serviceability design*) dan 40 m/s pada kondisi batas (*strength design*). Pada *software* RSA Professional 2020, untuk menentukan beban angin, kecepatan angin dasar dapat langsung dimasukkan pada pemodelan struktur bangunan menggunakan fitur *wind simulation*.

5. Beban Gempa

Beban gempa dihitung secara *otomatis* menggunakan *software* RSA Professional 2020 dengan memasukkan data S₁, S_s, T_L, R, dan I_e pada Kabupaten Sidoarjo

sebesar 0,3874; 0,9623; 20, 8, dan 1,5 yang diperoleh dari aplikasi gempa terbitan puskim

6. Kombinasi Pembebanan

Sistem struktur harus didesain untuk menahan beban terfaktor sesuai dengan konsep desain LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) pada kombinasi pembebanan tanpa melebihi kekuatan desain komponen yang sesuai berdasarkan SNI 2847-2019.

Analisis Simpang Antar Lantai

Hasil perhitungan simpangan antar lantai arah x dan y disajikan dalam bentuk tabulasi sebagai berikut:

Tabel 2. Simpangan Antar Lantai Arah X

Story	h (mm)	δxi (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa / ρ (mm)	Kontrol
6	5000	44,80	164,42	24,59	50	OK
5	3000	38,10	139,83	-11,74	30	OK
4	4000	41,30	151,57	29,14	40	OK
3	4000	34,20	122,44	39,44	40	OK
2	4500	25,00	83,00	44,83	45	OK
1	4500	10,40	38,17	38,17	45	OK

Sumber: Dokumen Pribadi

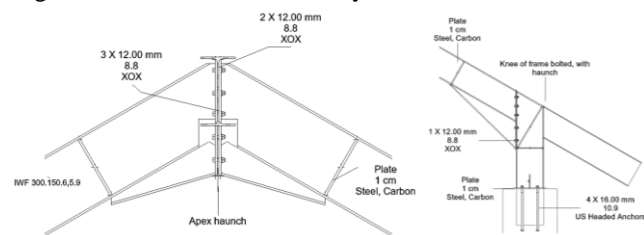
Tabel 3. Simpangan Antar Lantai Arah Y

Story	h (mm)	δxi (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa / ρ (mm)	Kontrol
6	5000	33,70	123,68	15,78	50	OK
5	3000	29,40	107,90	24,22	30	OK
4	4000	22,80	83,68	2,41	40	OK
3	4000	22,70	81,27	21,84	40	OK
2	4500	17,90	59,43	29,33	45	OK
1	4500	8,20	30,09	30,09	45	OK

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Struktur Atap

Desain elemen struktur atap rangka baja pada bangunan Gedung B RSUD Krian mengacu pada SNI 1729-2020. Hasil analisis struktur atap menggunakan bantuan *software* RSA Professional 2020 didapatkan rangka struktur kuda-kuda dan kolom pedestal menggunakan profil IWF 300.150.6,5.9 dengan mutu BJ 41. Sambungan antar elemen baja menggunakan pelat tumpu tebal 7 mm dan baut HTB A325 M12 yang dipasang sebanyak 10 buah. Sambungan antara beton dan baja (*base plate*) pelat tumpu tebal 7 mm dan baut angkur US Headed 50 cm sebanyak 4 buah.



Gambar 2. Beberapa Tipe Sambungan Atap Baja

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Pelat Lantai (One-Way)

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh pelat lantai dengan tebal 150 mm dan penulangan (*one-way*) sebagai berikut:

Tabel 4. Penulangan Pelat *One-Way*

Tipe Pelat	Tulangan Lentur	Tulangan Susut
A	S13 – 400	P10 – 350
B	S13 – 400	P10 – 350
C	S13 – 400	P10 – 350
D	S13 – 400	P10 – 350

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Pelat Lantai (Two-Ways)

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh pelat lantai dengan tebal 150 mm dan penulangan (*two-ways*) sebagai berikut:

Tabel 5. Penulangan Pelat *Two-Ways*

Tipe Pelat	Tulangan Lentur		Tulangan Susut	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
E	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
F	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
G	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
H	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
I	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
J	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
K	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350
L	S13 – 250	S13 – 250	P10 – 350	P10 – 350

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Pelat Tangga dan Bordes

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh pelat tangga dan bordes tebal 150 mm dengan penulangan sebagai berikut:

Tabel 6. Penulangan Pelat Tangga dan bordes

Elemen Pelat	Distribusi	Tulangan Lentur	Tulangan Susut
Tangga	Satu Arah	S13 – 250	P10 – 400
Bordes	Dua Arah	S13 – 250	P10 – 400

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Balok

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh desain balok dengan ukuran dan penulangan sebagai berikut:

Tabel 7. Penulangan Balok

Tipe Pelat	$b \times h$ (cm)	Tul. Torsi	Tulangan Tumpuan		
			Atas	Bawah	Bawah
B1	350 × 700	2 P16	8 S19	4 S19	P10 – 100
B2	300 × 600	2 P16	8 S19	4 S19	P10 – 100
B3	250 × 500	2 P12	5 S19	3 S19	P10 – 100
B4	200 × 500	2 P12	4 S19	2 S19	P10 – 100
B5	250 × 500	2 P12	6 S19	3 S19	P10 – 100
RB	300 × 400		3 S13	3 S13	P8 – 150

Tipe Pelat	$b \times h$ (cm)	Tul. Torsi	Tulangan Lapangan		
			Atas	Bawah	Bawah
B1	350 × 700	2 P16	4 S19	8 S19	P10 – 200
B2	300 × 600	2 P16	4 S19	8 S19	P10 – 200
B3	250 × 500	2 P12	3 S19	5 S19	P10 – 200
B4	200 × 500	2 P12	2 S19	4 S19	P10 – 200
B5	250 × 500	2 P12	3 S19	6 S19	P10 – 200
RB	300 × 400		3 S13	3 S13	P8 – 150

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Kolom

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh desain kolom dengan ukuran dan penulangan sebagai berikut:

Tabel 8. Penulangan Kolom

Tipe Kolom	$b \times h$ (cm)	Tul. Utama	Tul. Transversal	
			Tumpuan	Lapangan
A	600 × 600	20 S22	3 P10 – 100	3 P10 – 125
B	600 × 600	16 S22	3 P10 – 100	3 P10 – 125
C	500 × 500	16 S22	3 P10 – 100	3 P10 – 125
D	300 × 300	8 S13	2 P10 – 150	2 P10 – 175

Sumber: Dokumen Pribadi

Identifikasi Clash Detection

Pengujian *clash* dibagi menjadi tiga bagian yaitu beton (*concrete*), tulangan (*rebar*), dan lainnya (*other*). Pada *software* Navisworks versi 2020 atau kebawah tidak tersedia fitur *connection* yang dapat memodelkan sambungan untuk dilakukan pengujian *clash detection*. Oleh karena itu, proses *clash detection* pada sambungan harus dilakukan dengan *software* Navisworks yang lebih tinggi atau secara manual oleh *engineer*. *Clash* pada sambungan relatif lebih mudah untuk diidentifikasi karena letaknya mudah dilihat dan jumlahnya tidak sebanyak *clash* pada tulangan. Temuan *clash* pada elemen struktur atas Gedung B RSUD Krian menggunakan *software* Navisworks 2020 sebanyak 8466 *clashes*.

Matriks		Pelat	Balok	Kolom	Tangga	Pelat	Balok	Kolom	Tangga	Atap
		Concrete				Rebar				Other
Pelat	Concrete	0								
		0	0							
		0	0	0						
		0	0	6	0					
Pelat	Rebar					0				
						750	5380			
						174	1063	753		
						21	0	3	196	
Atap	Other									0
										120

Gambar 3. Matrik *Clashes*

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari hasil pengujian *clash* pada **Gambar 3**, sebesar 98,51% *clashes* terjadi pada tulangan, 1,42% *clashes* terjadi pada material lainnya, dan 0,07% *clashes* terjadi pada beton. Persebaran *clash* yang besar pada tulangan menyebabkan perbaikan *clash* pada tulangan akan berpengaruh signifikan terhadap model struktur. Secara garis besar ada tiga solusi dari perbaikan *clash* yaitu: (1) Perubahan bentuk elemen stuktur yang menyebabkan penambahan *quantity*, (2) Perubahan bentuk elemen stuktur yang menyebabkan pengurangan *quantity*, (3) Penggeseran elemen struktur yang tidak menyebabkan perubahan *quantity*.



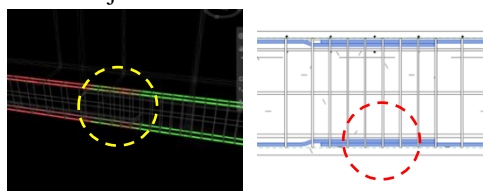
Gambar 4. Solusi & Perbaikan *Clash*

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan Solusi dan perbaikan *clash detection* yang divisualkan pada **Gambar 4**, didapatkan sebesar 66,71% *clashes* dapat diperbaiki hanya dengan cara menggeser elemen struktur tanpa menyebabkan perubahan *quantity*. Penggeseran elemen struktur harus memperhatikan beberapa ketentuan seperti jarak antar tulangan, tebal selimut beton, kemudahan penerapan konstruksi, dan seterusnya. Selain itu, terdapat 33,22% *clashes* dan 0,07% *clashes* yang hanya dapat diperbaiki dengan mengubah bentuk elemen struktur tetapi menyebabkan perubahan *quantity*. Berikut beberapa contoh *clash* yang terjadi pada elemen struktur atas Gedung B RSUD Krian:

1. Balok vs Balok (*Rebar*)

Clash terjadi antar elemen tulangan balok satu sama lain baik arah X maupun arah Y. *Clash* terjadi dikarenakan tulangan utama balok memiliki panjang maksimal sebesar 12 m (1 lonjor). Solusi yang dapat diberikan adalah membengkokkan salah satu tulangan utama balok agar tidak terjadi *clash*



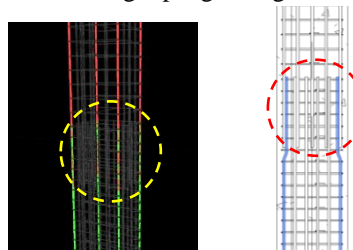
Gambar 5. *Clash Detection*

Antar Tulangan Balok (Kiri), Solusi *Clash* (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

2. Kolom vs Kolom (*Rebar*)

Clash terjadi antar elemen tulangan kolom dengan satu sama lainnya. Tulangan utama kolom memiliki panjang maksimal sebesar 12 m (1 lonjor). Solusi yang dapat diberikan adalah membengkokkan salah satu tulangan utama kolom sebagai pengikat agar tidak terjadi *clash*.



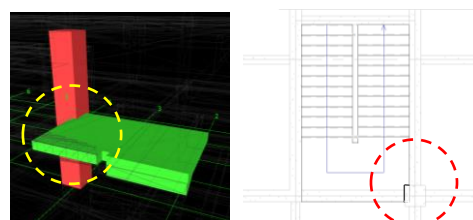
Gambar 6. *Clash Detection*

Antar Tulangan Kolom (Kiri), Solusi *Clash* (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Kolom vs Tangga (*Concrete*)

Clash terjadi pada elemen kolom dan tangga karena tangga didesain dekat/menyatu dengan kolom struktur sebagai perkuatan. Solusinya adalah mengurangi dimensi tangga yang betabrakan sesuai dengan dimensi kolom



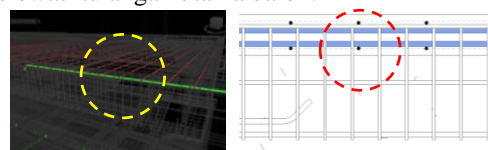
Gambar 7. *Clash Detection*

Kolom vs Tangga (Kiri), Solusi *Clash* (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

4. Balok vs Pelat (*Rebar*)

Clash terjadi pada elemen tulangan balok dan pelat, *clash* ini terjadi karena tulangan pelat mengalami tabrakan dengan tulangan utama balok. Solusi dari *clash* ini adalah menggeser tulangan pelat sedikit kebawah melewati tulangan utama balok.



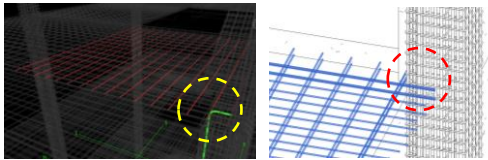
Gambar 8. *Clash Detection*

Tulangan Balok vs Pelat (Kiri), Solusi *Clash* (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

5. Kolom vs Pelat (*Rebar*)

Clash terjadi pada elemen tulangan kolom dan pelat, tulangan pelat bertabrakan dengan tulangan utama kolom. *clash* ini terjadi karena jarak tulangan pelat yang terletak dekat dengan kolom tidak disesuaikan dengan keberadaan tulangan utama kolom. Solusi dari *clash* ini adalah dengan sedikit menggeser tulangan pelat menjauhi tulangan utama kolom



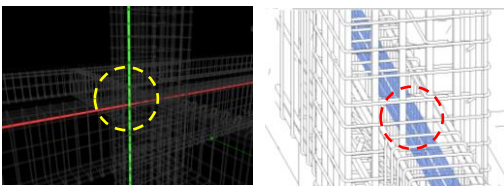
Gambar 9. Clash Detection

Tulangan Kolom vs Pelat (Kiri), Solusi Clash (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

6. Kolom vs Balok (Rebar)

Clash terjadi ketika tulangan utama kolom bertabrakan dengan tulangan utama balok secara tegak lurus. Solusi dari yang tepat untuk memperbaiki clash ini adalah dengan sedikit menggeser tulangan utama kolom dan balok secara bersamaan sehingga tulangan utama tidak bertabrakan.



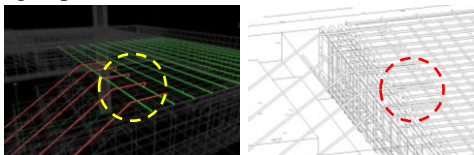
Gambar 10. Clash Detection

Tulangan Kolom vs Balok (Kiri), Solusi Clash (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

7. Tangga vs Pelat (Rebar)

Clash terjadi pada elemen tulangan tangga (run) dan pelat lantai dikarenakan ujung tulangan tangga sebagai tulangan penyaluran didesain berhimpitan dengan tulangan pelat. Solusi untuk mengatasi clash tersebut adalah menempatkan tulangan tangga diatas tulangan pelat sehingga tulangan tangga dapat terkait pada tulangan pelat.



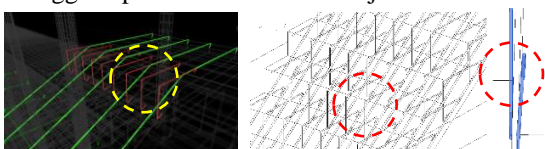
Gambar 11. Clash Detection

Tulangan Tangga vs Pelat (Kiri), Solusi Clash (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

8. Tangga vs Tangga (Rebar)

Clash terjadi pada antar tulangan tangga. Tulangan run dan riser dipasang secara sejajar arah vertikal yang mengakibatkan tabrakan. Pada proses pemasangan tulangan di lapangan, tulangan riser dipasang berhimpitan kekanan atau kekiri dengan tulangan run sehingga dapat terikat dan tidak terjadi tabrakan



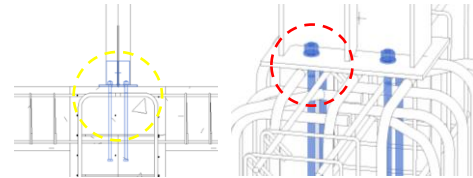
Gambar 12. Clash Detection

Antar Tulangan Tangga (Kiri), Solusi Clash (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

9. Atap Baja vs Rebar

Clash karena angkur yang tertanam pada beton terhalang dengan bending tulangan ujung kolom atau tulangan utama balok. Solusi untuk mengatasi clash tersebut adalah memberikan sedikit ruang untuk angkur dengan cara merubah arah atau menggeser tulangan sehingga angkur dapat masuk dan tertanam dengan baik pada struktur



Gambar 13. Clash Detection

Atap Baja vs Rebar (Kiri), Solusi Clash (Kanan)

Sumber: Dokumen Pribadi

Quantity Take Off

Perhitungan quantity take off pada Struktur Atas Gedung B RSUD Krian menggunakan bantuan Software Revit 2020. Perhitungan ini dilakukan sebelum dan sesudah perbaikan clash yang menggunakan dua file master yang berbeda. Hasil perhitungan digunakan untuk mengetahui selisih antara quantity elemen struktur sebelum dan sesudah perbaikan clash. Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan quantity take off elemen struktur

Tabel 9. Rekapitulasi Quantity Take Off

Elemen Struktur	Qty. Sebelum Perbaikan	Qty. Sesudah Perbaikan	Keterangan	Quantity
Balok (Beton)	790,36 m ³	790,36 m ³	Tetap	0,00%
Balok (Baja)	2,71 m ³	2,71 m ³	Tetap	0,00%
Kolom (Beton)	324,56 m ³	324,56 m ³	Tetap	0,00%
Kolom (Baja)	0,24 m ³	0,24 m ³	Tetap	0,00%
Pelat (Beton)	856,45 m ³	856,45 m ³	Tetap	0,00%
Tangga (Beton)	45,86 m ³	45,83 m ³	Turun	-0,08%
Tulangan	346,37 Ton	348,43 Ton	Naik	0,59%

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari hasil rekapitulasi quantity take off di atas didapatkan bahwa perbaikan clash antar elemen struktur hanya berpengaruh <1% terhadap perubahan quantity secara total. Ditinjau dari segi quantity, pengaruh clash elemen struktur sangat kecil jika dibandingkan dengan nilai overhead wajar konstruksi yang biasanya berkisar antara 5% hingga 15% dari total nilai proyek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan struktur dan analisis hasil dari *clash detection* yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis kekuatan struktur metode SPRMK, didapatkan bahwa struktur eksisting sudah kuat untuk menopang beban yang kemungkinan terjadi tanpa dilakukan perubahan terhadap dimensi dan spesifikasi elemen struktur. Desain struktur utama atap baja menggunakan rangka baja IWF 300.150.6,5.9 dengan mutu BJ 41. Sambungan baja menggunakan pelat tumpu tebal 7 mm, baut HTB A325 M12, dan angkur US Headed 50 cm yang dimensi dan jumlahnya disesuaikan dengan tipe sambungan. Struktur beton bertulang memiliki beragam dimensi dan jumlah tulangan yang disesuaikan dengan tipe dan fungsi struktur.
2. Pengujian *clash detection* menggunakan *software* Navisworks dibagi menjadi tiga bagian yaitu beton (*concrete*), tulangan (*rebar*), dan lainnya (*other*). Dari hasil analisis ditemukan 8466 *clashes* pada elemen struktur dengan persebaran data sebesar 98,51% *clashes* terjadi pada tulangan, 1,42% *clashes* terjadi pada material lainnya, dan 0,07% *clashes* terjadi pada beton
3. Sebesar 66,71% *clashes* dapat diperbaiki hanya dengan cara menggeser elemen struktur tanpa menyebabkan perubahan *quantity*, 33,22% *clashes* dapat diselesaikan dengan mengubah bentuk elemen stuktur yang menyebabkan penambahan *quantity*, dan 0,07% *clashes* dapat diperbaiki dengan mengubah bentuk elemen struktur yang menyebabkan pengurangan *quantity*
4. Dari hasil rekapitulasi *quantity take off* menggunakan *software* Revit disimpulkan bahwa perbaikan *clash* antar elemen struktur hanya berpengaruh <1% terhadap nilai perubahan *quantity* secara total. Pengaruh *clash* sangat kecil jika dibandingkan dengan nilai *overhead* wajar konstruksi yang biasanya berkisar antara 5% hingga 15% dari total nilai proyek

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Sommerville, N. Craig, dan M. McCarney, "Document Transfer and Communication Between Distinct Construction Professionals," 2004. [Online]. Tersedia di: www.worldcat.org/title/cobra-2004-the-international-construction-conference-responding-to-change-7-8-september-2004-proceedings/oclc/64304326
- [2] K. Kabirifar dan M. Mojtahedi, "The Impact of Engineering, Procurement and Construction (EPC) Phases on Project Performance: A Case of Large-Scale Residential Construction Project," *Buildings*, vol. 9, no. 1, 2019, doi: 10.3390/buildings9010015.
- [3] X. Jiang, "Developments in cost estimating and scheduling in bim technology, Civil Engineering Master's Theses," *Northeast. Univ.*, pp. 1–88, 2011, [Online].
- [4] *Anonymus*, "Penerapan Building Information Modeling (BIM)," *Binus University*, 2019. <https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/> (diakses pada Jan. 16, 2023).
- [5] E. K. Kermanshahi, M. B. M. Tahir, N. H. A. Shukor Lim, A. T. Balasbaneh, dan S. Roshanghalb, "Implementation of Building Information Modeling for Construction Clash Detection Process in the Design Stage: A Case Study of Malaysian Police Headquarter Building," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 476, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/476/1/012009.
- [6] M. R. Ramadhani, "Analisis Clash Detection dan Quantity Take off Berbasis Building Information Modelling (BIM) pada Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Bengkel Teknik Elektronika," *Politeknik Negeri Malang*, 2022.
- [7] M. R. Hidayat, E. Purnamasari, D. A. Gazali, I. Kalimantan, M. Arsyad, dan A. Banjari, "Penerapan Metode Building Information Modeling (BIM) Pada Struktur Pembangunan Gedung FKPI Kota Banjarmasin," 2021.
- [8] A. S. Hadi, A. M. Abd, dan M. Mahmood, "Integrity of Revit with Structural Analysis Softwares," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1076, no. 1, p. 012119, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1076/1/012119.
- [9] D. M. Savitri, Juliastuti, dan A. A. Pramudya, "Clash Detection Analysis with BIM-Based Software on Midrise Building Construction Project," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 426, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/426/1/012002.
- [10] Badan Standart Nasional, *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta, 2020.
- [11] Badan Standart Nasional, *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Nongedung*. Jakarta, 2019.
- [12] Badan Standart Nasional, *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta, 2020.
- [13] Badan Standart Nasional, *SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton*. Jakarta, 2017.
- [14] Badan Standart Nasional, *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya*. Jakarta, 2019.
- [15] Standards Australia International Ltd, *HB 212 - 2002 Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region*. Sydney, 2002.
- [16] B. A. Raharjo, "Perbandingan Desain Elemen Struktur Pada Bangunan Gedung Secara Manual dan Dengan Software RSAP 2022," *Jurnal Qua Teknika*, 13, 1, 46-60, 2023, doi: 10.35457/quateknika.v13i1.2660.
- [17] D. Smith, "An Introduction to Building Information Modelling (BIM), *Journal of Building Information Modelling*," 2007.
- [18] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, dan K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineer, and Contractors*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2008. doi: 10.1002/9780470261309.