Penerapan Konstruksi Digital Menggunakan Autodesk Revit untuk Acuan Pelaksanaan Bangunan Gedung 4 Lantai

Ferdi Fadilah[1], Syafitri Anggraeni[1], Heri Kasyanto[1], Garin Yacub[1]

[1]*Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : ferdi.fadilah.tkgd22@polban.ac.id
E-mail : syafitri.anggraeni.tkgd22@polban.ac.id
E-mail : herikasyanto@polban.ac.id
E-mail : garin.yacub@polban.ac.id

ABSTRAK

Gedung kantor ini dibangun di atas lahan seluas 4.669,473 m^2 dengan total luas bangunan 844,56 m^2 dan tinggi 21,175 m. Gedung ini terdiri dari 1 lantai dasar (*ground floor*), 3 lantai utama, 1 lantai atap tangga, dan atap dak beton. Gambar kerja (*shopdrawing*) adalah acuan utama dalam proses konstruksi bangunan, gambar kerja yang kurang detail akan menyebabkan proses pembangunan mengalami keterlambatan. Untuk mengantisipasi kesalahan dan keterlambatan dalam proses pengerjaan konstruksi maka dibutuhkan pemodelan 3D, dimana dalam penelitian ini menggunakan *Autodesk Revit* sebagai *software* utama dan *Tekla Structure* sebagai *software* pendukung. Bangunan yang dimodelkan adalah struktur, arsitektur dan *plumbing*. Semua komponen dimodelkan dan ketiganya digabungkan dalam satu model yang terintegrasi menggunakan *Autodesk Naviswork Manage* untuk mengantisipasi *clash* pada konstruksi tersebut. Hasil dari penelitian ini adalah model 3D bangunan gedung 4 lantai baik pada kategori struktur, arsitektur maupun *plumbing* sebagai acuan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan. Setelah menerapkan gambar 2D yang terdapat dilapangan kedalam model 3D maka terdapat beberapa komponen yang tidak sesuai dengan posisi yang seharusnya (terjadi *clash*) antara struktur dengan *plumbing* maupun dengan arsitektur. Berdasarkan hasil koordinasi dan *clash detection check* pada model gedung kantor 4 lantai ini ditemukan 177 *clash* dan dilakukan perbaikan sehingga terbebas dari *clash*.

Kata Kunci
Autodesk Revit, Arsitektur, *Clash*, Pemodelan 3D, *Plumbing*, Struktur

This office building is built on an area of 4,669.473 m2 with a total building area of 844.56 m2 and a height of 21.175 m. The building consists of 1 ground floor, 3 main floors, 1 staircase roof, and a concrete deck roof. Working drawings (shopdrawing) are the main reference in the building construction process, working drawings that lack detail will cause the construction process to experience delays. To anticipate errors and delays in the construction process, 3D modeling is needed, which in this study uses Autodesk Revit as the main software and Tekla Structure as supporting software. The buildings modeled are structure, architecture and plumbing. All components are modeled and all three are combined in one integrated model using Autodesk Naviswork Manage to anticipate clashes in the construction. The result of this research is a 3D model of a 4-story building both in the structural, architectural and plumbing categories as a reference in the implementation of building construction. After applying the 2D drawings found in the field into a 3D model, there are several components that do not match the proper position (clash) between the structure with plumbing and architecture. Based on the results of coordination and clash detection check on this 4-story office building model, 177 clashes were found and improvements were made so that it was free from clashes.

Keywords
Autodesk Revit, Architecture, Clash, 3D Modelling, Plumbing, Structure

1. PENDAHULUAN

Revitalisasi Gedung Kantor 4 lantai ini merupakan proyek pembangunan kembali gedung kantor yang dibangun di atas lahan seluas 4.669,473 m^2 dengan total luas bangunan 844,56 m^2 dan tinggi 21,175 m. Gedung ini terdiri dari 1 lantai dasar (*ground floor*), 3 lantai utama, 1 lantai atap tangga, dan atap dak beton. Sistem struktur yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu beton *f'c* 30 MPa dan mutu baja tulangan *fy* 420 MPa. Kesalahan desain dalam suatu proyek seringkali terjadi pada saat pelaksanaan di lapangan. Salah satunya adalah konflik (*clash*) antara struktur, arsitektur, dan *plumbing*. Hal ini terjadi karena pada saat desain gambar tidak bisa diintegrasikan antara bidang satu dengan bidang lainya karena belum dimodelkan dalam bentuk 3D (1). Namun, permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pemodelan berbasis digital melalui penggunaan *software* desain berbasis BIM (*Building Information Modeling*). Dengan BIM, semua pihak yang terlibat dapat bekerja dalam satu *platform* yang saling terhubung, sehingga dapat mendeteksi masalah lebih awal dan memastikan koordinasi yang lebih baik (2). Beberapa *software* berbabis BIM yaitu *Tekla Structure*, *Revit*, *SketchUp*, *Civil* 3D, *Naviswork* dan lainnya. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 mengatur tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. Dalam lampirannya, disebutkan

bahwa ”BIM harus diterapkan pada bangunan gedung negara yang tidak sederhana, dengan kriteria luas tanah lebih dari 2000 m² (dua ribu meter persegi) dan lebih dari dua lantai. Penggunaan BIM pada proyek-proyek tersebut bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam perencanaan, pelaksanaan konstruksi, dan pemeliharaan bangunan” (3).

Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan 3D sebuah gedung kantor yang terdiri dari 1 lantai dasar (*ground floor*), 3 lantai utama, 1 lantai atap tangga, dan atap dak beton. Pemodelan ini dilakukan dengan *software Autodesk Revit*, kemudian dilakukan koordinasi antara disiplin dan *clash detection* dengan *software Autodesk Naviswork Manage* Pemodelan ini terdiri dari pemodelan struktural, arsitektural, dan *plumbing*. Penggunaan teknologi BIM ini bertujuan untuk memodelkan bangunan secara menyeluruh, sehingga potensi permasalahan yang mungkin timbul, seperti kesalahan desain dan ketidaksesuaian antar elemen, dapat terdeteksi lebih awal (4).

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat model 3D dari gedung kantor 4 lantai ini yang terdiri dari elemen struktur, arsitektur, dan *plumbing* dengan *software Autodesk Revit*. Selanjutnya dilakukan koordinasi model 3D antara elemen struktur, arsitektur dan plumbing sehingga menjadi satu kesatuan sehingga dapat dilakukan analisis *clash* pada bangunan gedung kantor 4 lantai ini. *Clash detection* yang dilakukan pada saat perancangan, dapat menyelesaikan masalah yang akan terjadi dari awal sehingga pada tahap pelaksanaan konstruksi tidak terjadi keterlambatan proyek, peningkatan anggaran dan kegagalan konstruksi karena *clash* yang tidak diatasi dari awal.

2. DASAR TEORI

Konstruksi digital adalah penggunaan teknologi secara digital dalam proyek konstruksi untuk meningkatkan efisiensi, kolaborasi serta manajemen. Penerapan konstruksi digital ini dimulai dari fase perencanaan, desain, pelaksanaan, hingga tahap pemeliharaan (5).

2.1 *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modeling (BIM) adalah konsep digitalisasi dari konstruksi fisik suatu bangunan untuk menghasilkan dan mengelola data bangunan dalam tahapan siklus proyeknya dengan pemodelan dalam bentuk 3D secara *real time*, dengan *software* pemodelan dinamis untuk meminimalisir terjadinya kesalahan serta meningkatkan produktivitas dalam membangun desain dan konstruksi (6). Penerpan konsep BIM pada umumnya diterapkan untuk merancang, mengelola, dan memvisualisasikan proyek konstruksi sebelum konstruksi fisik dimulai. Kolaborasi antar tim konstruksi menggunakan model digital yang terintegrasi (7). *Output* yang di hasilkan tidak hanya model bangunanya saja tetapi di dalamnya berisi informasi meliputi informasi geografis, volume pekerjaan, kebutuhan material, estimasi biaya, penjadwalan serta sifat-sifat dari setiap komponen bangunan (8).

2.2 *Clash*

Pada proyek konstruksi berskala besar tentunya melibatkan banyak pihak dan sangat kompleks sehingga sangat memungkinkan terjadinya konflik atau *clash. Clash* sulit ditemukan pada gambar kerja 2D atau manual karena kekompleksan desain bangunan, oleh karena itu analisis *clash detection* perlu diterapkan dalam proyek konstruksi gedung dengan menerapkan konsep BIM (9). *Clash* dalam konstruksi adalah terjadinya benturan atau konflik antar elemen pada model BIM setelah dilakukan kolaborasi. *Clash* umumnya terjadi saat elemen dari berbagai disiplin berada di tempat yang sama dan tidak seharusnya saling bertabrakan. Terjadinya *Clash* dapat menyebabkan berbagai masalah seperti perubahan desain, peningkatan kebutuhan material, peningkatan biaya dan keterlambatan proyek (10).

2.3 Detailing Tulangan

Dalam *detailling* beton bertulang yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

a. Kait

Dalam konstruksi beton bertulang, penggunaan kait pada tulangan memiliki peran penting dalam memastikan daya lekat dan transfer gaya antara baja tulangan dan beton. Kait digunakan ketika panjang penyaluran lurus tidak dapat dipenuhi, untuk mencegah slip atau lepasnya tulangan akibat beban kerja pada struktur. Pembengkokan dan kait pada tulangan harus memenuhi standar teknis untuk memastikan keamanan dan ketahanan struktur dalam jangka panjang. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 (11) mengatur spesifikasi teknis mengenai panjang, bentuk, dan sudut kait untuk berbagai kondisi penggunaan dalam elemen struktur beton bertulang. Terdapat beberapa jenis kait yang digunakan dalam konstruksi beton bertulang, antara lain.

1) Kait Standar
2) Kait Seismik
3) Ikat Silang

b. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran tulangan dalam beton bertulang mengacu pada jarak minimal yang diperlukan agar gaya tarik dapat ditransfer sepenuhnya dari tulangan ke beton di sekitarnya. Menurut SNI 2847:2019, panjang penyaluran (l_d) dipengaruhi oleh diameter tulangan (d_b) kuat tekan beton (f'_c), serta keberadaan sengkang atau kait. Panjang penyaluran tulangan kait juga dipengaruhi oleh faktor epoksi (Ψ_e) dan faktor tulangan pengekang (Ψ_r).

c. Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan (l_{st}) berperan penting dalam menjaga kesimabungan gaya pada struktur beton bertulang. Sambungan lewatan adalah metode penyambungan tulangan yang paling umum digunakan dalam konstruksi beton bertulang. Sambungan lewatan dilakukan pada elemen struktur yang panjang dan menerus, di mana tulangan yang dipasang memerlukan penyambungan. Sambungan ini memastikan transfer gaya tarik yang efektif antara batang tulangan, sehingga kontinuitas dan integritas struktural tetap terjaga. Selain itu, sambungan lewatan yang dirancang dengan tepat dapat menghindari konsentrasi tegangan yang

berlebihan dan memastikan distribusi beban yang merata dalam elemen beton bertulang.

2.4 Detailing Baja

Berikut ini merupakan persyaratan dalam pemasangan baut berdasarkan SNI 1729:2020 (12).

a. Spasi Minimum

Jarak as ke as antara lubang standar, ukuran berlebih, atau slot tidak boleh kurang dari 2 ⅔ kali diameter nominal, d, pengencang. Namun, jarak bersih antara lubang baut atau slot tidak boleh kurang dari d.

b. Jarak Tepi Minimum

Jarak tepi minimum baut dari tepi lubang standar ke tepi bagian yang disambung tidak boleh kurang dari nilai pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Jarak Tepi Minimum

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

Sumber: Tabel J3.4M SNI 1729:2020, hal 130

c. Spasi Maksimum dan Jarak Tepi

Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat pada bagian-bagian yang saling kontak harus sebesar 12 kali tebal bagian yang tersambung, tetapi tidak boleh melebihi 150 mm (6 inci). Spasi longitudinal antara pengencang pada elemen-elemen yang terdiri dari satu pelat dan satu profil, atau dua pelat yang saling kontak secara kontinu, harus memenuhi ketentuan berikut:

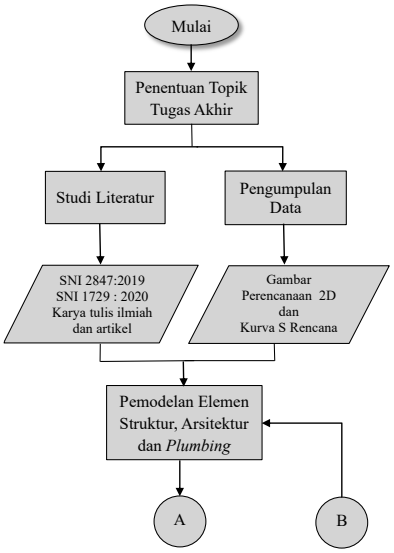
1) Untuk komponen struktur yang dicat atau tidak dicat tetapi tidak mengalami korosi**,** spasi tidak boleh melebihi 24 kali tebal bagian tertipis atau 300 mm (12 inci).
2) Untuk komponen struktur yang tidak dicat dan berhubungan langsung dengan cuaca sehingga mengalami korosi atmosfer**,** spasi tidak boleh melebihi 14 kali tebal bagian tertipis atau 180 mm (7 inci).

3. METODOLOGI

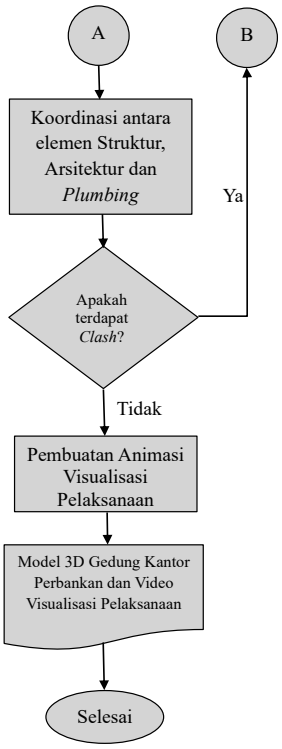
Dalam penelitian ini membahas tentang penerapan digitalisasi konstruksi menggunakan *Autodesk Revit* untuk acuan pelaksanaan bangunan gedung 4 lantai. Berikut ini merupakan rincian dari gedung tersebut.

1. Fungsi Bangunan : Kantor
2. Jumlah Lantai : 4 Lantai
3. Luas Lantai :
   - Lantai Dasar : 844,56 m^2
   - Lantai 1 : 844,56 m^2
   - Lantai 2 : 844,56 m^2
   - Lantai 3 : 660,96 m^2
   - Lantai Atap Dak : 660,96 m^2
   - Lantai Atap Tangga : 143,96 m^2

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu melakukan pemodelan digital menggunakan *Autodesk Revit* sebagai *software* utama, serta beberapa *software* pendukung lainnya. *Autodesk Revit* akan digunakan untuk memodelkan berbagai aspek konstruksi, termasuk struktur, arsitektur, dan *plumbing* yang nantinya akan dikoordinasikan menjadi satu kesatuan dan dilakukan clash detection dengan *software Autodesk Naviswork Manage*. Adapun tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir (Lanjutan)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan 3D bangunan gedung dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Revit 2023* untuk elemen struktur, arsitektur, dan *plumbing*. Pemodelan 3D pekerjaan struktur yang terdiri dari struktur atas dan struktur bawah dilakukan terlebih dahulu. Dilanjutkan dengan pemodelan pekerjaan arsitektur dan *plumbing* pada *file* terpisah dengan *software* yang sama. Selain itu, digunakan *software Tekla Structure 2025* sebagai alat bantu tambahan untuk pemodelan rangka atap baja. Pemodelan ini mengacu pada data gambar rencana 2D yang telah tersedia dan disusun secara sistematis berdasarkan urutan pekerjaan.

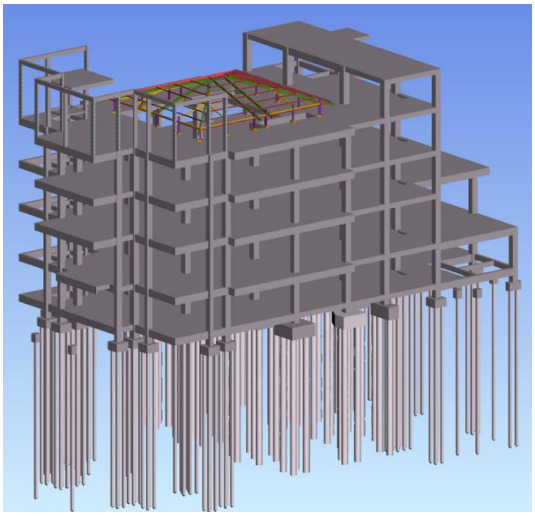
4.1 Pemodelan 3D

Pemodelan dilakukan berdasarkan gambar rencana 2D ke dalam bentuk model 3D secara terpisah untuk elemen struktur, arsitektur, dan *plumbing* menggunakan *Autodesk Revit* 2023 sebagai *software* utama. Proses pemodelan dilakukan secara bertahap sebagai berikut.

a. Pemodelan Struktur

Objek pemodelan struktur terdiri dari struktur bawah dan struktur atas:

1) Fondasi dan *pile cap* dimodelkan berdasarkan denah titik pondasi dan gambar penulangan menggunakan fitur *structural foundation* dan *rebar*.
2) Kolom dan balok dimodelkan mengikuti denah dan spesifikasi teknis, serta dikelompokkan berdasarkan grid agar memudahkan koordinasi spasial.
3) Pelat lantai dibuat menggunakan perintah *floor* dengan ketebalan dan elevasi menyesuaikan gambar potongan.
4) Tangga dimodelkan menggunakan *stair by sketch* agar sesuai dengan denah.
5) Rangka atap baja dimodelkan di *Tekla Structure*, kemudian diekspor ke Revit melalui format IFC.

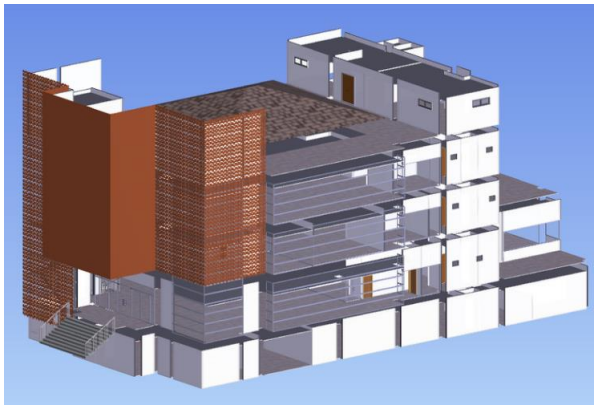


Gambar 3. Hasil Model 3D Elemen Struktur

b. Pemodelan Arsitektur

Tahapan pemodelan elemen arsitektur dilakukan sebagai berikut.

1) Dinding, pintu, jendela, lantai, plafon, dan fasad dimodelkan menggunakan perintah *wall*, *door*, *window*, *floor*, *ceiling*, dan *curtain wall* sesuai dengan gambar arsitektur.
2) Posisi elemen disesuaikan dengan denah agar tidak bertabrakan dengan elemen struktur.

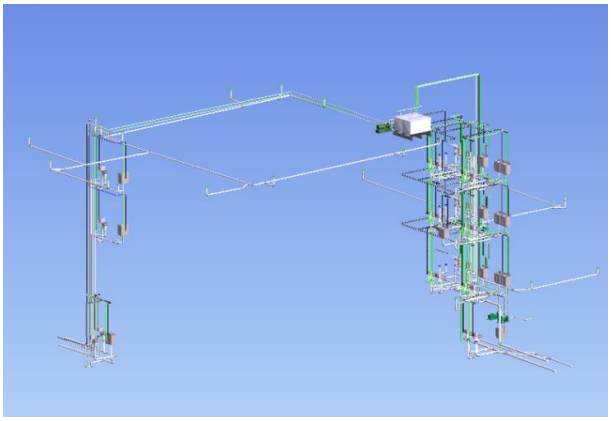


Gambar 4. Hasil Model 3D Elemen Arsitektur

c. Pemodelan *Plumbing*

Pemodelan sistem *plumbing* dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1) Pipa air bersih dan air kotor dimodelkan menggunakan fitur *pipe* dan *pipe fitting*.
2) Komponen sanitasi seperti *closet, floor drain*, dan *wastafel* ditempatkan terlebih dahulu agar *routing* pipa efisien.
3) Elevasi dan *slope* pipa disesuaikan agar tidak menabrak struktur.



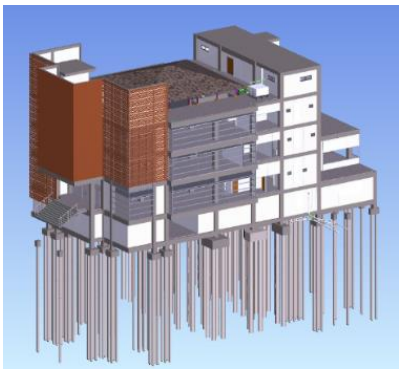
Gambar 5. Hasil Model 3D Instalasi *Plumbing*

4.2 Koordinasi Model

Setelah pemodelan 3D elemen struktur, arsitektur, dan *plumbing* selesai, dilakukan proses integrasi model untuk mendeteksi potensi clash antar elemen sebelum tahap pelaksanaan.

Langkah-langkah koordinasi model:

a. Model revit diekspor ke format *Navisworks Cache* (.nwc) melalui perintah *external tool* pada tab *add-ins*.
b. Setiap file model di-*import* ke *Autodesk Navisworks Manage* menggunakan perintah *append*.
c. Setelah semua file ter-*import*, model otomatis tergabung menjadi satu kesatuan untuk dilakukan deteksi *clash.*



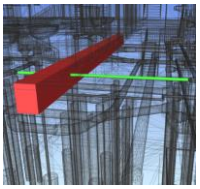
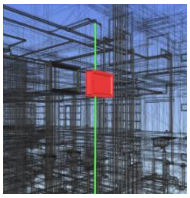
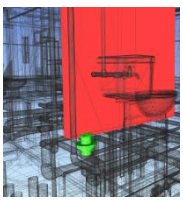
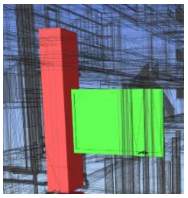
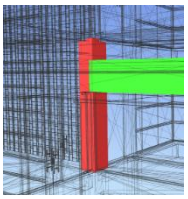
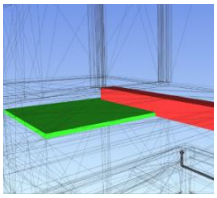
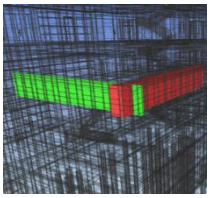
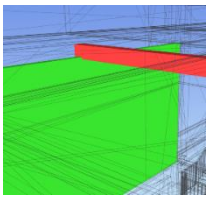
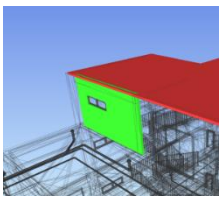
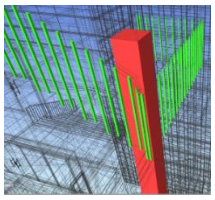
Gambar 6. Hasil Koordinasi Model 3D di *Navisworks*

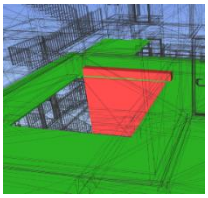
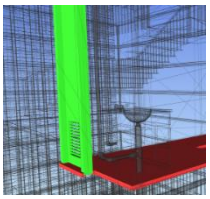
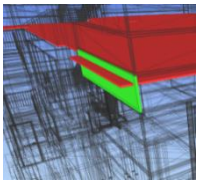
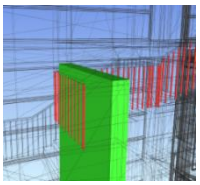
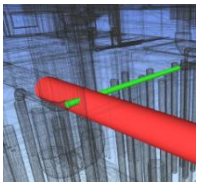
4.3 *Clash Detection*

Pada model bangunan yang telah di koordinasikan pada *software Autodesk Naviswork Manage*, dilakukan *clash detection* dengan menggunakan perintah *clash detective.* Pada perintah *clash detective* dapat dilakukan identifikasi berbagai jenis *clash* yang akan dideteksi seperti *hard clash* (terjadinya benturan pada dua objek secara langsung pada posisi yang sama).

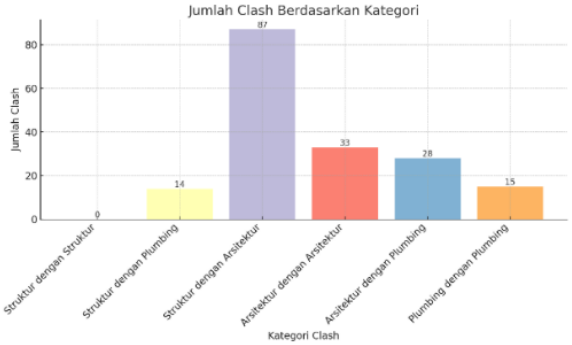
Setelah model 3D dari struktur, arsitektur, dan *plumbing* digabungkan ke dalam *Autodesk Navisworks Manage*, dilakukan proses deteksi konflik atau *clash detection.* Proses ini dilakukan dengan fitur *clash detective* yang ada di dalam *Navisworks.* Pengaturan deteksi dilakukan dengan toleransi 1 mm hingga 5 mm, yang mengacu pada toleransi standar dalam konstruksi bangunan (13). Berikut ini merupakan hasil dari *clash check* pada bangunan kantor 4 lantai, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Clash Detection Check

No	Elemen	Total *Clash*	Visualisasi
1	Balok dengan Pipa *Plumbing*	14	
2	Pintu dan Jendela dengan Pipa *Plumbing*	6	
3	Dinding dengan Alat Saniter	22	
4	Kolom dengan Pintu dan Jendela	2	
5	Kolom dengan Dinding	12	
6	Balok dengan Plafon	8	
7	Balok dengan Pintu dan Jendela	6	
8	Balok dengan Dinding	51	
9	Pelat Lantai dengan Dinding	7	
10	Kolom dengan *Railing* Tangga	1	

No	Elemen	Total *Clash*	Visualisasi
11	Dinding dengan Plafon	12	
12	Lantai dengan Pintu dan Jendela	14	
13	Plafon dengan Pintu dan Jendela	2	
14	Dinding dengan *Railing* Tangga	3	
15	Pipa *Plumbing* dengan Pipa *Plumbing*	15	

Berikut ini merupakan rekapitulasi total clash yang terjadi berdasarkan kategori elemen bangunan, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Diagram Jumlah *Clash* Berdasarkan Kategori

Diagram di atas menunjukkan jumlah *clash* yang ditemukan berdasarkan kategori elemen bangunan. Kategori dengan jumlah *clash* tertinggi adalah antara struktur dengan arsitektur sebanyak 87 *clash*, kemudian arsitektur dengan arsitektur sebanyak 33 *clash*, serta arsitektur dengan plumbing sebanyak 28 *clash*. Sementara itu, *clash* antar elemen struktur tidak ditemukan sama sekali, menunjukkan bahwa pemodelan struktur sudah terkoordinasi dengan baik. Visualisasi ini mempertegas pentingnya proses *clash detection* dalam tahap perancangan untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan konflik sedini mungkin sebelum memasuki tahap konstruksi.

4.4 *Clash Resolve*

Setelah dilakukan *clash detection* dan ditemukan sebanyak 177 *clash* antar elemen model bangunan, tahap berikutnya adalah proses *clash resolve* atau penyelesaian konflik. Perbaikan dilakukan langsung pada model revit masing-masing elemen (struktur, arsitektur, dan *plumbing*), dengan mempertimbangkan fungsi elemen, efisiensi ruang, serta kemudahan pelaksanaan konstruksi di lapangan (14). Penyelesaian *clash* dilakukan dengan beberapa cara berikut:

a. Mengubah tinggi (elevasi) atau posisi elemen agar tidak saling bertabrakan.
b. Mengalihkan jalur pipa ke arah lain yang lebih aman (*re-routing*).
c. Menggeser posisi atau menyesuaikan ukuran elemen arsitektur.
d. Menambahkan sambungan pipa seperti *elbow* atau *tee* sesuai kebutuhan instalasi.

Setelah semua perbaikan dilakukan, seluruh model disiplin diekspor ulang ke dalam format .nwc dan dilakukan *clash detection check* kembali di *Autodesk Navisworks Manage.* Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh konflik berhasil diatasi. Rekapitulasi jumlah *clash* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Jumlah Clash Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Kategori *Clash*	Jumlah Sebelum Perbaikan	Jumlah Setelah Perbaikan
Struktur dengan Struktur	0	0
Struktur dengan *Plumbing*	14	0
Struktur dengan Arsitektur	87	0
Arsitektur dengan Arsitektur	33	0
Arsitektur dengan *Plumbing*	28	0
Plumbing dengan *Plumbing*	15	0
Total	177	0

Dengan demikian, sebanyak 177 *clash* antar elemen berhasil diselesaikan hingga model mencapai kondisi *zero clash*. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan teknologi BIM melalui integrasi *Autodesk Revit* dan *Navisworks* sangat membantu dalam mendeteksi serta memperbaiki *clash* sejak tahap perancangan, sehingga model 3D yang dihasilkan lebih siap digunakan sebagai acuan pelaksanaan konstruksi tanpa risiko gangguan antar elemen bangunan(15).

5. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut.

a. Pemodelan 3D untuk struktur (dengan detail tulangan sesuai SNI 2847:2019), atap baja (sesuai SNI 1729:2020), arsitektur, dan MEP menghasilkan model yang lebih akurat, jelas, dan mudah dikoordinasikan dibanding gambar 2D.
b. Seluruh model (struktur, arsitektur, *plumbing*) digabungkan dengan *Navisworks* dan dilakukan *clash detection*, ditemukan 177 *clash* yang semuanya berhasil diperbaiki langsung di model.
c. Semua *hard clash* yang terdeteksi sudah dilakukan perbaikan dengan memperhatikan batas toleransi yang ditetapkan yaitu 1 mm sampai dengan 5 mm. Perbaikan model ini dilakukan pada *software Autodesk Revit* dengan mengubah elevasi, mengubah posisi dan menambah komponen sehingga *clash* dapat diperbaiki di awal sebelum masa konstruksi.
d. *Clash detection* yang dilakukan pada saat perancangan, dapat menyelesaikan masalah yang akan terjadi dari awal sehingga pada tahap pelaksanaan konstruksi tidak terjadi keterlambatan proyek, peningkatan anggaran dan kegagalan konstruksi karena *clash* yang tidak diatasi dari awal.

Adapun saran yang dapat penulis rekomendasikan untuk pembaca yang tertarik mengangkat topik penelitian yang sama mengenai konstruksi digital yaitu sebagai berikut.

a. Pemodelan 3D yang dilakukan dengan *Autodesk Revit* ini, dapat dilanjutkan dengan penerapan BIM 5D mengenai *cost estimation*.
b. Penggunaan *software Autodesk Revit* untuk pemodelan 3D ini sangat dianjurkan, karena Revit merupakan *software* berbasis BIM dan juga mudah terintegrasi dengan *software Autodesk* lainya, seperti *Naviswork, Infrawork*, BIM 360 dan lain-lain. Selain itu, Revit mendukung file eksternal seperti IFC untuk *inter operabilitas* platform BIM seperti *Tekla*, *ArchiCAD* dan *Vectorworks.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Heri Kasyanto, ST., M.Eng. dan Bapak Garin Yacub, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Putri N, Agustina S, Saefudin A. Analisis clash detection pekerjaan arsitektur dan MEP menggunakan Building Information Modelling pada Proyek PMI Jakarta. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta; 2024.
2. Universitas Medan Area. Teknologi BIM (Building Information Modeling) dalam manajemen konstruksi. 2024 [Internet]. Available from: https://teknik.uma.ac.id/2024/12/06/teknologi-bim-building-information-modeling-dalam-manajemen-konstruksi/
3. Kementerian PUPR. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. 2021.
4. Pradiptha AA, Pangestuti EK. Clash detection in structural design of medium rise building using Revit and Navisworks Manage software. Semarang: Universitas Negeri Semarang; 2021.
5. Indriani M, Widnyana I, Laintarawan I. Strategi penerapan efektivitas digital construction di masa rebound. Teras J Tek Sipil. 2023;13(2):507. doi:10.29103/tj.v13i2.934.
6. Aditya W, Purwandito M, Fauzia A. Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada bangunan gedung bertingkat menggunakan Tekla Structures. J Appl Civ Eng Infrastruct Technol. 2024;5(2):86–94. doi:10.52158/jaceit.v5i2.853.
7. Sugiarto AR. Kajian perkembangan penerapan i-Construction di Indonesia. Barometer. 2024;9(2):72–80. doi:10.35261/barometer.v9i2.8680.
8. Baskoro I. Penerapan Building Information Modeling. 2019 [Internet]. Available from: http://www.wikagedung.com
9. Satria R, Apdeni R. Implementasi Building Information Modelling (BIM) untuk analisis clash detection dan penjadwalan proyek pembangunan gedung perkuliahan. J Appl Sci Civ Eng. 2024;5(3):460–465.
10. Natalia M, Misriani M, Hamid D, Zulfajri M, Iskandar A. Analisis clash detection perencanaan Proyek X untuk meminimalisir anggaran biaya dan waktu. 2024 [Internet]. Available from: http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/
11. Badan Standarisasi Nasional. SNI 2847:2019. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN; 2019.
12. Badan Standarisasi Nasional. SNI 1729:2020. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: BSN; 2020.
13. Savitri DM, Juliastuti, Pramudya AA. Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2020;426(1). doi:10.1088/1755-1315/426/1/012135.
14. Perdana KP, Purnamasari E, Fathurrahman. Optimasi clash detection dengan pendekatan Building Information Modeling pada gedung bertingkat: studi kasus Gedung Kantor Sarana dan Prasarana Direktorat Jenderal Bea dan Cukai di Banjarmasin. 2023.
15. Bramasta, Alfaridzi. Penerapan Building Information Modeling pada Gedung Laboratorium BBPPT Kominfo Depok yang terintegrasi. Bandung: Politeknik Negeri Bandung; 2024.