



ANALISIS CLASH DETECTION PEKERJAAN ARSITEKTUR DAN MEP MENGGUNAKAN BUILDING INFORMATION MODELLING PADA PROYEK PMI JAKARTA

Nabilla Eka Putri*, Selvia Agustina, Arief Saefudin,

Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

*Corresponding Author, Email: Nabillaptr1363@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan Building Information Modeling (BIM) semakin populer di kalangan perusahaan konstruksi karena dianggap sebagai metode yang sangat efektif dalam merencanakan semua proyek konstruksi serta berpusat pada data. Salah satu upaya untuk menghindari terjadinya pekerjaan yang berulang karena kesalahan dalam perencanaan proyek konstruksi dapat dideteksi sejak awal dengan mengimplementasikan BIM (Building Information Modelling) yang dapat melakukan analisis tabrakan (Clash detection) pada setiap disiplin pekerjaan struktur, arsitektur, MEP maupun disiplin lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Clash detection lantai 1 pada proyek pembangunan Gedung PMI Jakarta. Metode yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan software Building Information modelling (BIM) yaitu Autodesk Revit untuk membuat 3D modelling dan juga Autodesk Naviswork yang di gunakan untuk melakukan analisis clash detection. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan 3D Modelling terlebih dahulu menggunakan software autodesk revit, lalu selanjutnya melakukan analisis clash detection menggunakan software autodesk naviswork. Alur analisis diawali dengan melakukan modelling 3D, kemudian model tersebut diimport ke dalam software Navisworks Manage untuk dilakukan clash detection menggunakan fitur Clash Detective. Ditemukan adanya 186 clash pada elemen struktur, arsitektur, dan MEP yang mana sebagian besar disebabkan oleh elemen dinding dan pipa plumbing.

Kata Kunci: *Building Information Modelling, Clash Detection, Revit, Navisworks Manage*

ABSTRACT

The application of Building Information Modeling (BIM) is increasingly popular among construction companies because it is considered a very effective method in planning all construction projects and focuses on data. One effort to avoid repetitive work due to errors in construction project planning can be detected from the start by implementing BIM (Building Information Modeling) which can carry out collision analysis (Clash Detection) in each discipline of structural work, architecture, MEP and other disciplines. This research aims to analyze Clash Detection on the 1st floor of the PMI Jakarta Building construction project. The method used in writing this scientific work is a quantitative method using Building Information modeling (BIM) software, namely Autodesk Revit to create 3D modeling and Autodesk Naviswork which is used to carry out clash detection analysis. The stages carried out in this research were carrying out 3D Modeling first using Autodesk Revit software, then carrying out clash analysis using Autodesk Naviswork software. The analysis begins by carrying out 3D modeling, then the model is imported into the Navisworks Manage software for clash detection using the Clash Detective feature. It was found that there were 186 impacts on structural, architectural and MEP elements, most of which were caused by wall elements and plumbing pipes.

Keywords: *Building Information Modelling, Clash Detection, Revit, Navisworks Manage*

PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi modern, integrasi arsitektur dan MEP (*Mechanical, Electrical dan Plumbing*) pada proyek pembangunan semakin penting. Demi mencapai keberhasilan suatu proyek harus mempertimbangkan beberapa hal seperti biaya yang efisien,

penyelesaian proyek yang tepat waktu, serta memiliki tingkat kesalahan pekerjaan yang rendah. industri jasa konstruksi sering menghadapi tantangan berupa produktivitas rendah, pembengkakan biaya, keterlambatan penyelesaian, dan tingginya tingkat kesalahan. Penerapan konsep lean construction dapat meningkatkan produktivitas proyek melalui perencanaan yang matang, pengelolaan sumber daya yang efisien, dan metode kerja yang tepat (Ady dan Simanjuntak, 2021). Selain itu, manajemen proyek yang efektif, termasuk perencanaan anggaran yang akurat dan penjadwalan yang efisien, sangat penting untuk memastikan proyek selesai sesuai jadwal dan anggaran yang ditetapkan (Mell et al, 2024). Dalam rangka meminimalisir adanya kesalahan perencanaan maupun pengelolaan data oleh manusia, perangkat lunak di dalam bidang atau sektor *Architecture, Engineering, and Construction (AEC Industry)* kini mulai mengalami banyak perkembangan. Metode perencanaan arsitektural melalui cara manual telah lama dimudahkan oleh perangkat lunak komputer yang lebih modern yaitu *Computer Aided Design (CAD)* sebagai sarana untuk membuat suatu model atau gambar kerja sekaligus memberikan informasi tentang desain arsitektur dalam bentuk yang lebih efisien (Pradiptha, at. al., 2021). Pada proyek gedung PMI Jakarta perencanaan pekerjaan arsitektur dan MEP didesain menggunakan *software autocad* yaitu berupa gambar dua dimensi (2D). Gambar CAD dua dimensi (2D) ini memiliki banyak masalah selama pembangunan gedung seperti miskomunikasi, kesalahpahaman dan proses yang memakan waktu, dll.

Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Soerono, menyatakan bahwa permasalahan yang dihadapi oleh kontraktor Indonesia adalah produktivitas, finansial, dan teknologi. Penggunaan teknologi digital memberikan dampak besar dalam mempercepat pembangunan infrastruktur serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Salah satu masalah terbesar dalam proyek konstruksi adalah *clash* atau benturan desain yang terdiri dari kesalahan posisi di mana komponen bangunan saling tumpang tindih satu sama lain ketika model digabungkan (Lin, at. al., 2019). Mengatasi *clash* pada tahap perencanaan sangat penting untuk keberhasilan proyek namun, *clash detection* jika dilakukan secara manual kurang efektif, memakan waktu, dan membutuhkan pengalaman desain yang luar biasa (Akhmetzhanova et. al., 2022)

Keberhasilan proyek ini bergantung pada sejauh mana aspek desain arsitektur dan MEP dapat diintegrasikan dengan baik. Salah satu teknologi digital yang memiliki dampak signifikan adalah *Building Information Modelling (BIM)*. BIM merupakan seperangkat teknologi, proses, dan kebijakan yang mengintegrasikan seluruh proses konstruksi ke dalam sebuah model digital, yang kemudian direpresentasikan dalam bentuk gambar 3 dimensi (Masgode, et. al., 2024). Penerapan BIM pada tahap perencanaan tentu sebuah keuntungan karena dengan adanya *clash detection*, perencana dapat menemukan kesalahan yang terjadi dalam sebuah model rancangan yang dapat mempengaruhi data ukuran dari sebuah elemen yang dijadikan patokan untuk menghitung estimasi biaya dari sebuah proyek.

Keunggulan *Building Information Modeling (BIM)* meliputi kemampuan mendeteksi konflik atau kesalahan sejak dini dan mencegahnya, meningkatkan efisiensi waktu dalam pelaksanaan proyek, mengurangi pekerjaan ulang, menyediakan dokumentasi konstruksi dengan kualitas dan tingkat akurasi yang tinggi, serta mendukung seluruh siklus hidup bangunan, termasuk operasional dan pemeliharannya (Rayendra & Biemo, 2014). Tetapi *Building Information Modeling (BIM)* juga memiliki sejumlah kelemahan, salah satu yang

utama adalah tingginya biaya investasi perangkat lunak BIM yang hingga saat ini masih tergolong mahal. Oleh karena itu, BIM lebih cocok digunakan pada proyek-proyek *Design and Build*, yang saat ini banyak diterapkan dalam proyek percepatan nasional (Wibowo, 2021). Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam deteksi bentrokan (*clash detection*) antara pekerjaan arsitektur dan MEP pada proyek konstruksi dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi, serta mengurangi risiko kesalahan selama tahap konstruksi (Samlin, 2021). Dalam penelitian Olifia dan Lestari (2024) menekankan pentingnya *clash detection* dalam proyek konstruksi, khususnya pada struktur atas Gedung Laboratorium AKN Putra Sang Fajar Blitar. Dengan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi konflik antar komponen bangunan, yang dapat menyebabkan keterlambatan dan peningkatan biaya jika tidak ditangani sejak dini. Dimana hasil studinya menunjukkan bahwa penerapan BIM dalam deteksi benturan efektif dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses konstruksi. Dalam penelitian Izzudin dan Widiasanti (2024) yang menekankan bahwa penerapan *clash detection* menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) dapat mengidentifikasi konflik antara disiplin struktur, arsitektur, dan MEP pada tahap perencanaan proyek, dimana hal ini berpotensi mengurangi pekerjaan ulang dan menghemat biaya konstruksi. Dalam penelitian Jatmiko et al. (2023) yang menekankan bahwa penerapan *Building Information Modeling* (BIM) pada proyek rumah sakit memungkinkan pengecekan volume dan deteksi bentrokan antar disiplin, seperti arsitektur dan MEP, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses konstruksi. Menurut Elyano (2021), penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam analisis *clash detection* dan *quantity take-off* pada proyek konstruksi gudang menunjukkan efektivitasnya dalam mengidentifikasi konflik antar elemen desain dan meminimalkan risiko kesalahan selama tahap perencanaan. *Quantity take-off* merupakan aspek penting dalam proyek konstruksi karena dapat membantu dalam estimasi biaya, pengadaan material, manajemen inventaris, dan pengendalian anggaran selama proyek konstruksi berlangsung. Tetapi dalam pembuatan *quantity take-off* masih terdapat sejumlah masalah seperti ketidakakuratan volume pekerjaan (Zahrah & Berliana, 2023).

Dengan menggunakan BIM, konflik yang muncul antara pekerjaan arsitektur dan MEP dapat dideteksi lebih awal, sehingga pekerjaan ulang dapat diminimalkan dan efisiensi proyek meningkat. Dengan deteksi benturan (*clash detection*), kesalahan yang biasanya ditemukan di lokasi proyek (dengan biaya tinggi dan dampak jadwal ketika diperbaiki pada tahap tersebut) sekarang dapat diidentifikasi sebelum ada yang bekerja di lokasi proyek. BIM bahkan memungkinkan deteksi benturan dalam objek (seperti batang baja yang sepenuhnya terbenam dalam dinding beton) (Matejka and Sabart, 2018)

Revit dan *Navisworks Manage* merupakan bagian dari perangkat lunak atau *software* berbasis BIM yang diluncurkan oleh *Autodesk*. *Autodesk Revit* merupakan *software* yang digunakan untuk membuat dan mengelola data secara akurat yang mencakup seluruh proses konstruksi (Gegana, 2015). *Autodesk Revit* memberikan kemudahan dengan integrasi perangkat lunak, mampu mendeteksi tabrakan desain, membuat proses pekerjaan menjadi lebih cepat (Marizan, et. al., 2019). Usaha untuk mengantisipasi adanya kekeliruan suatu perencanaan konstruksi dapat dideteksi sedari awal melalui fitur-fitur yang disediakan dalam *software Revit* dan juga *Navisworks Manage* (Pradiptha, et. al., 2018). Pemodelan arsitektur dan *Mechanical, Electrical, dan Plumbing* (MEP) yang dirancang dalam bentuk

3D bisa diketahui secara otomatis apabila ditemui adanya kesalahan rencana/desain.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menganalisis adanya temuan clash pada perencanaan arsitektur dan MEP pada proyek pembangunan gedung PMI Jakarta menggunakan *software Revit* dan *Navisworks Manage*. Sehingga pada saat proses pelaksanaan konstruksi tidak terjadi clash antar elemen karena sudah diketahui menggunakan teknologi BIM tanpa harus mengulangi pekerjaan dan dapat mengeluarkan biaya yang lebih pada pelaksanaan konstruksi. Manfaat dari penelitian ini bagi perencana bangunan diharapkan dapat mengantisipasi atau meminimalisir adanya kesalahan rencana sehingga akan lebih efisien saat proses pelaksanaan/pengerjaan di lapangan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif yang difokuskan pada analisis perencanaan gambar denah lantai 1 pekerjaan arsitektur dan MEP dalam mengatasi *clash detection* pada tahap pelaksanaan menggunakan bantuan *software Building Information modelling (BIM)* yaitu *Autodesk Revit* untuk membuat *3D modelling* dan juga *Autodesk Naviswork*. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data - data yang dibutuhkan pada bangunan yang di tinjau berdasarkan *detail engineering drawing (DED)* dan selanjutnya data – data tersebut akan diolah kembali yang bertujuan untuk menghasilkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan proyek pembangunan Gedung PMI yang terletak di Jl. Kramat Raya No. 47, Kel. Kramat, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10450. Titik lokasi proyek pembangunan Gedung PMI dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Proyek

Spesifikasi Desain Bangunan

Aspek tata ruang pada proyek pembangunan baru gedung PMI Jakarta, yaitu:

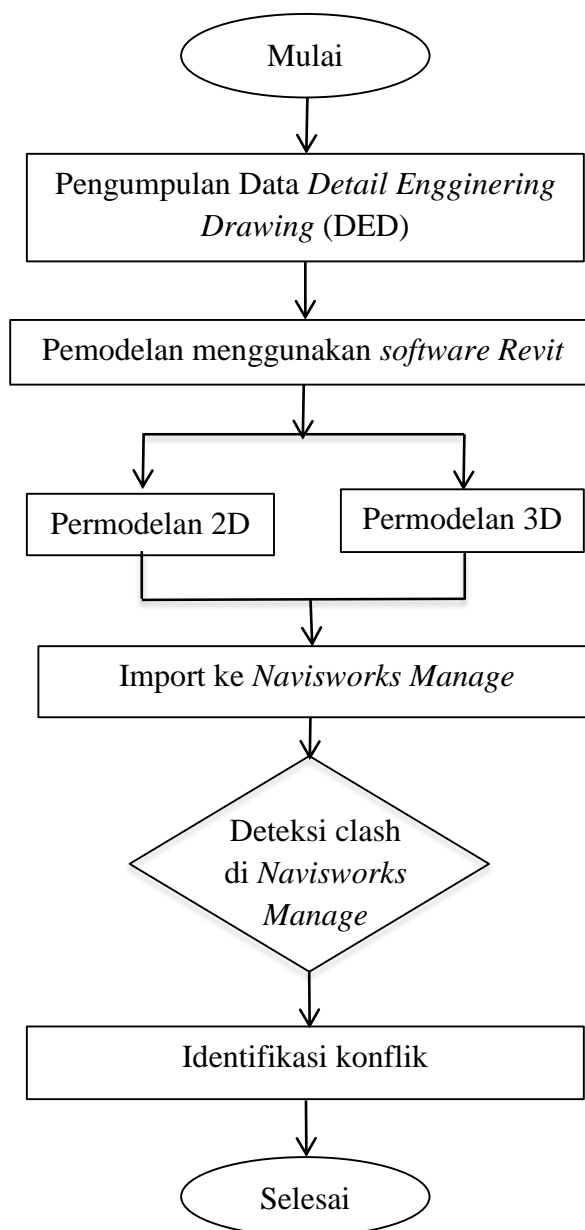
1. Fungsi Bangunan : Gedung Pelayanan Pendoron Darah
2. Luas lahan : 3388 m²
3. Jumlah Lantai : 10 Lantai
4. Luas Bangunan : 10.274 m²

Tahapan Penelitian

Alur penelitian *clash detection* perencanaan arsitektur dan MEP pada proyek pembangunan Gedung PMI Jakarta :

1. Mengumpulkan data berupa *Detail Enggining Drawing* (DED) pekerjaan struktur, arsitektur, dan MEP.
2. Membuat pemodelan gedung dalam bentuk 2D dan 3D menggunakan autodesk revit yang disesuaikan dengan DED.
3. Mengimport model 3D pada setiap disiplin yang sudah di modelkan ke dalam *software autodesk naviswork*.
4. Melakukan pengecekan *clash detection* menggunakan *autodesk naviswork*.
5. Identifikasi antar sistem struktur bangunan yang mengalami konflik atau *clash* .

Bagan alir tahapan penelitian *clash detection* pada perencanaan pembangunan Gedung PMI Jakarta dapat juga dilihat melalui gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Bagan Alir Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data pada proyek Pembangunan Gedung PMI Jakarta melalui Bapak Cahya selaku *drafter* MEP dan Ibu Nurul selaku *drafter* arsitektur. Data yang diperlukan seperti data *Detail Engginering Drawing* (DED) yang berfungsi sebagai acuan dalam pemodelan serta berisi informasi yang mencakup dimensi, material, dan informasi teknis lainnya yang bertujuan dalam mempermudah pemodelan.

Permodelan Pada Revit

Peneliti melakukan perencanaan ulang *design* pada denah lantai 1 proyek pembangunan Gedung PMI yang di tinjau berdasarkan *Detail Engginering Drawing* (DED). Berikut ini tahapan modelling pekerjaan arsitektur dan MEP menggunakan *autodesk revit*:

1. Mengatur Template

Sebelum melakukan *modelling*, atur format yang akan digunakan pada revit sesuai rencana gambar seperti template, satuan, serta pengaturan lainnya yang diperlukan untuk proses pemodelan.

2. Pembuatan *Family*

Pemodelan *family* dibutuhkan sesuai dengan perencanaan gambar kebutuhan proyek karena beberapa elemen di *Revit* tidak sesuai dengan material yang digunakan pada proyek.

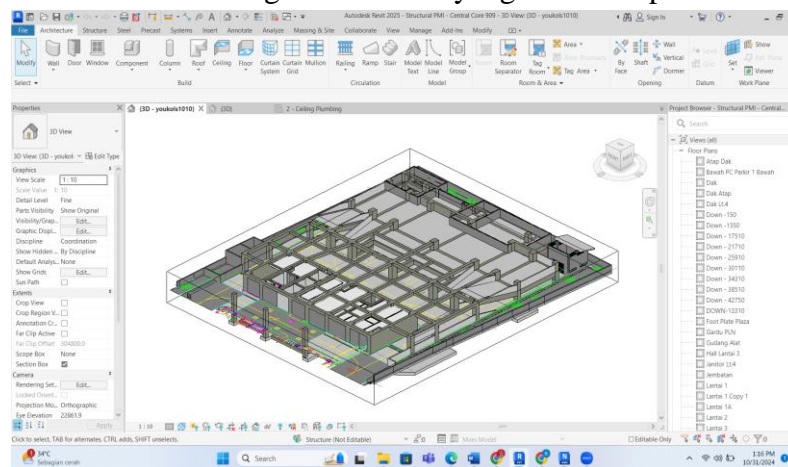
3. *Modelling* Arsitektur dan MEP

Tahap selanjutnya yaitu memodelkan elemen arsitektur dan MEP. *Modelling* 3D dibutuhkan pada setiap disiplin bangunan yang akan di analisis, seperti elemen struktur, arsitektur dan juga MEP.

4. Penggabungan Model

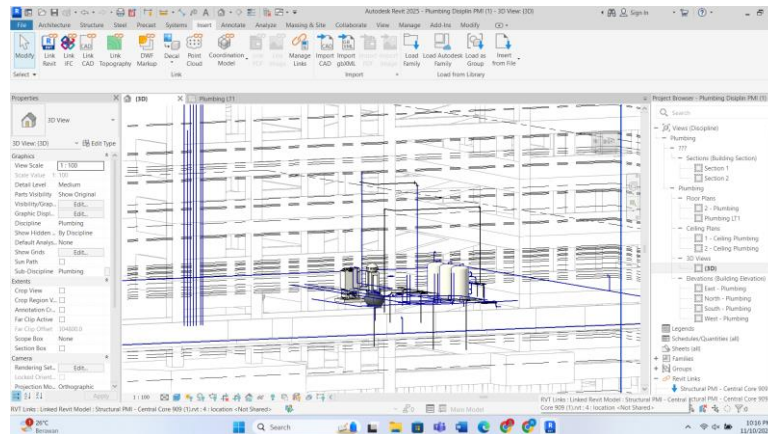
Pada tahap ini dilakukan penyatuan 3D model struktural, arsitektural, dan MEP dengan *Autodesk Revit* 2025 dengan format file NWC

Pada gambar 3 merupakan gambar 3D *modelling* denah struktur dan arsitektur lantai 1 yang telah dibuat dan disesuaikan dengan data DED yang telah didapatkan sebelumnya.



Gambar 3. *Modelling* Struktur dan Arsitektur

Untuk gambar 3D *modelling* denah MEP lantai 1 yang telah dibuat dan disesuaikan dengan data DED dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. *Modelling* MEP

Clash Detection di Navisworks

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *clash detection* pada pekerjaan arsitektur dan MEP yang di tinjau berdasarkan *Detail Engginering Drawing* (DED) denah lantai 1. Untuk mengetahui jumlah *clash* pekerjaan arsitektur dan MEP pada lantai 1, maka dibutuhkan *modelling* 3D menggunakan *software Autodesk Revit* pada pembangunan gedung PMI Jakarta. Setelah selesai *modelling* 3D pada setiap disiplin bangunan terbentuk, langkah selanjutnya yaitu melakukan *clash detection*. Berikut ini tahapan analisis *clash detection* menggunakan *Naviswork Manage* :

1. Import

Langkah pertama untuk dapat menemukan adanya *clash* yaitu mengimport model yang telah dibuat di *Revit* ke dalam *Navisworks Manage*.

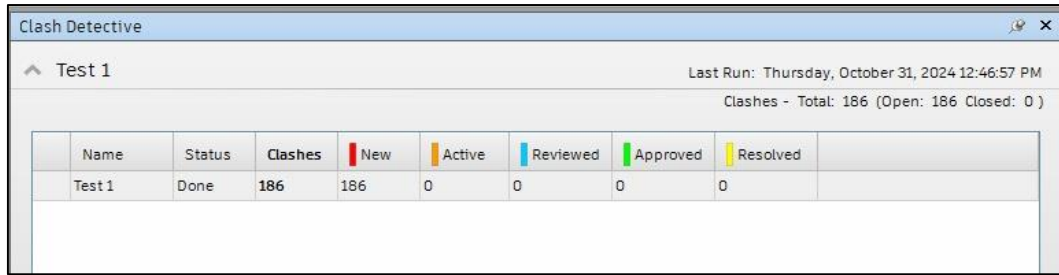
2. Clash detection

Model 3D gedung yang telah *import* ke *software Navisworks Manage* kemudian dapat diketahui mengenai ada atau tidaknya *clash* antar elemen arsitektur dengan MEP, MEP dengan struktur, arsitektur dengan struktur, Mep dengan MEP, dan arsitektur dengan arsitektur yang telah direncanakan sebelumnya. Kemudian gunakan fitur *Clash Detective* yang terdapat pada *software Navisworks Manage* untuk mendeteksi adanya *clash* antar element bangunan. *Navisworks Manage* secara otomatis akan menampilkan bagian-bagian yang mengalami *clash* (jika ditemukan), sehingga bagian-bagian yang mengalami konflik tersebut dapat diketahui dan diidentifikasi kesalahannya.

Identifikasi Clash Detection pada Navisworks Manage

Setelah dilakukan pemodelan gedung menggunakan *software Revit* dan analisis *clash detection* menggunakan *software Navisworks Manage*, ditemukan adanya beberapa *clash* antara elemen arsitektur dengan MEP, MEP dengan struktur, arsitektur dengan struktur, Mep dengan MEP, dan arsitektur dengan arsitektur. Berikut ini merupakan jumlah *clash*

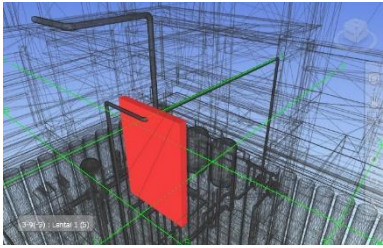
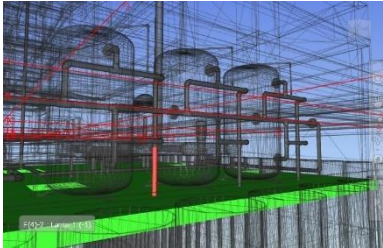
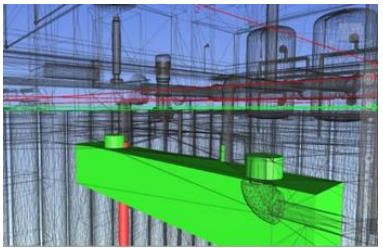
yang terjadi pada denah lantai 1 proyek pembangunan gedung PMI Jakarta yang dapat dilihat pada gambar 5.

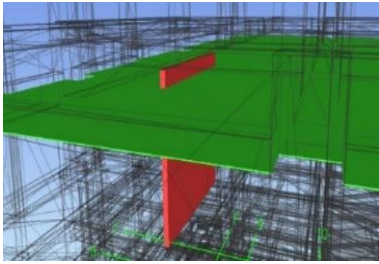


Gambar 3. Hasil Analisis Clash detection Lantai 1

Berdasarkan hasil analisis *clash detection* ditemukan 186 *clash* antara elemen struktur, arsitektur, dan MEP yang mana sebagian besar disebabkan oleh elemen dinding dan pipa plumbing. Berikut ini merupakan beberapa uraian hasil analisis *clash* yang terjadi di lantai 1 pada disiplin bangunan setelah di analisis menggunakan *software Autodesk Navisworks* dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Daftar *Clash* Pada Lantai 1

Gambar Clash	Elemen Clash	Uraian
	<i>Plumbing vs dinding</i>	Pada saat analisis terdapat <i>clash</i> pada pipa <i>plumbing</i> yang menembus ke dinding. <i>Clash</i> ini membuat pergeseran pipa sehingga volume pipa akan berubah.
	<i>Plumbing vs plat</i>	<i>Clash</i> pada pipa <i>plumbing</i> vs plat. Penggambaran sistem <i>plumbing</i> dibuat berdasarkan denah arsitektur, ketika gambar sistem <i>plumbing</i> di timpa dengan gambar denah struktur plat lantai terdapat <i>clash</i> seperti yang di tunjukkan oleh gambar disamping.
	<i>Plumbing vs balok</i>	<i>Clash</i> pada pipa <i>plumbing</i> vs balok terjadi karena adanya permintaan perubahan gambar pada denah <i>ground water tank</i> (GWT) sehingga pada saat revisi gambar kurang baik. Maka akan dilakukan pergeseran pada pipa tidak bertabrakan dengan struktur balok.

Gambar Clash	Elemen Clash	Uraian
	Dinding vs plafond	Pada saat analisis terdapat <i>clash</i> pada dinding yang menembus sampai ke plafond yang terjadi karena pada saat modelling menggunakan autodesk revit kurang teliti sehingga elevasi dinding tidak sesuai perencanaan.

Setelah analisis *clash detection* dilakukan, terlihat bahwa penggunaan BIM mampu melakukan deteksi dari awal terhadap ada/tidaknya suatu *clash* antar elemen serta mampu mengantisipasi/meminimalisir adanya pekerjaan ulang atau tambahan ketika telah dilaksanakan pembangunan di lapangan. BIM merupakan metode yang sangat efektif dalam merencanakan semua proyek konstruksi karena berpusat pada data. Hal ini memungkinkan untuk memeriksa apakah ada benturan sebelum konstruksi dilaksanakan agar mengurangi perbaikan pekerjaan selama proses konstruksi. Sehingga memperkecil kemungkinan kesalahan dan revisi akibat data yang tidak tepat. Hal ini tentunya akan lebih menghemat biaya dan waktu dari pada harus melakukan pengecekan secara manual dengan basis pengecekan gambar kerja.

KESIMPULAN

Revit dan *Navisworks Manage* merupakan bagian dari perangkat lunak atau *software* berbasis *building information modeling* (BIM) yang diluncurkan oleh *Autodesk*. BIM merupakan metode yang sangat efektif dalam merencanakan semua proyek konstruksi karena berpusat pada data. Hal ini memungkinkan untuk memeriksa apakah ada benturan sebelum konstruksi dilaksanakan agar mengurangi perbaikan pekerjaan selama proses konstruksi. Berdasarkan penelitian dan analisis hasil pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Banyak kerancuan pada gambar *Detail Engginerig Drawing* (DED) sehingga memerlukan komunikasi yang intens untuk memahaminya.
2. Untuk mengidentifikasi *clash detection* antar elemen menggunakan *Navisworks Manage* hanya cukup dengan megimport model yang sudah dibuat melalui *Revit*.
3. Berdasarkan hasil analisis *clash detection* ditemukan 186 *clash* antara elemen struktur, arsitektur, dan MEP yang mana sebagian besar disebabkan oleh elemen dinding dan pipa plumbing.
4. *Navisworks Manage* memberikan informasi detail tentang *clash* yang terjadi dalam format tabel, sehingga dapat melihat koordinat yang mengalami *clash*, menentukan lokasi kegagalan, dan membuat keputusan desain/perencanaan ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ady, W., & Simanjuntak, M. R. A. (2021). *Produktivitas Pada Proyek Bangunan Gedung Melalui Penerapan Lean Construction: Sebuah Studi Literatur*. Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021.
- Elyano, M. R. (2021, July). *Analysis of clash detection and quantity take-off using BIM for warehouse construction*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 794, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Masgode, M. B., Hidayat, A., Laksmi, I. A. C. V., Triatmika, I. N. A., Puspayana, I. P. A. I., Iskandar, A. A., ... & Gusty, S. (2024). *Dinamika Industri Konstruksi di Indonesia*. Tohar Media.
- Akhmetzhanova, B., Nadeem, A., Hossain, M. A., & Kim, J. R. (2022). *Clash detection using building information modeling (BIM) technology in the Republic of Kazakhstan*. Buildings, 12(2), 102.
- Olifia, A. O. A., & Lestari, A. D. (2024). *Analisis Clash Detection Struktur Atas Gedung Laboratorium Akn Putra Sang Fajar Blitar Berbasis Building Information Modelling (BIM)*. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 5(2), 230-236.
- Izzudin, A., & Widiasanti, I. (2024). *Pengaruh Clash Detection Pada Proses Perencanaan Biaya Pada Laboratorium PUT*. Jurnal Talenta Sipil, 7(1), 301-308.
- Jatmiko, A. D., Poerwanto, L., Tedja, B. G., Louis, L. E., Alexander, D., & Surya, A. (2023). *Pemodelan Building Information Modeling Bangunan Rumah Sakit Untuk Pengecekan Volume dan Bentrokan*. Arsitekta: Jurnal Arsitektur Dan Kota Berkelanjutan, 5(01), 1-7.
- Lin, W. Y., & Huang, Y. H. (2019). *Filtering of irrelevant clashes detected by BIM software using a hybrid method of rule-based reasoning and supervised machine learning*. Applied Sciences (Switzerland), 9(24), 5324
- Marizan, Y. (2019). *Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih*. Jurnal Ilmiah Bering'S, 6(01), 15-26.
- Matejka, P., & Sabart, D. (2018, May). *Categorization of clashes and their impacts on construction projects*. In International Scientific Conference Engineering for Rural Development.
- Mell, Sandra & Haryono, Iranita & Mulyati, Ely & Setyawati, Dyah & Yunus, Andi & Hidayanto, & Saptadi, Norbertus & Rela, Iskandar & Tiawan,. (2024). *Manajemen Proyek*. Hei Publishing Indonesia, Sumatera Barat
- Pradiptha, A. A., & Pangestuti, E. K. (2021). *Deteksi Konflik Pada Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Dengan Software Revit Dan Navisworks Manage*. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 21-26.

- Rayendra, B. W. S., & Biemo, W. (2014). *Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi*. Simposium Nasional RAPI XIII-2014 FT UMS, ISSN, 1412-9612
- Samlin, A. W. I. (2021). *Evaluasi Clash Detection Pada Tahap Pemodelan Gedung Berbasis Building Information Modeling (Studi Kasus: Gedung Kos Citra Tiga Lantai)* (Doctoral dissertation, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).
- Wibowo, A. (2021). *Evaluasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Konstruksi di Indonesia* (Master's thesis, Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia)).
- Zahrah, K., & Berliana, R. (2023). *Implementasi Bim Dalam Perhitungan Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur Dan Arsitektur Proyek RTCT Pertamina*. Jurnal Deformasi, 8(2), 178-191.



*Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License*