

Penerapan BIM untuk Efektivitas Sinkronisasi Elemen Utilitas pada Desain Perancangan Instalasi Poliklinik RS Dharma Husada Kediri

*Gissa Anjani Siti Az-zahra, Ariadi Susanto

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Pendidikan Profesi Arsitek, Universitas Islam Indonesia

*) 24515012@students.uii.ac.id

Received: 29 Juli 2025, Revised: 01 Desember 2025, Accepted: 01 Desember 2025

Abstract

This research evaluates the implementation of BIM in enhancing the synchronization of utility elements within the polyclinic installation design at Dharma Husada Kediri Hospital. The complex functional requirements of polyclinic spaces necessitate precise integration of plumbing elements (potable water, wastewater, medical gases) and ductwork for mechanical ventilation. The methodology includes a literature review on BIM's role in coordinating utility elements, followed by an analysis of a polyclinic project in which 2D designs were converted into a 3D BIM model for simulation. Spatial and functional clashes between utility elements and the building structure were assessed using BIM, enabling early identification of potential conflicts among pipes, air ducts, beams, columns, and ceilings. The results demonstrate that BIM significantly improves software interoperability, facilitates interdisciplinary collaboration, and reduces the risk of design revisions during construction. Challenges encountered include discrepancies in modeling standards and variations in Levels of Detail (LOD), but the adoption of a collaborative platform effectively mitigates these obstacles. Therefore, BIM implementation proves to be a strategic approach for maximizing utility element coordination and can be replicated in other technically complex healthcare facility projects.

Keywords: *BIM, utility elements, hospital, polyclinic design.*

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi penerapan BIM dalam meningkatkan efektivitas sinkronisasi elemen utilitas pada desain instalasi poliklinik Rumah Sakit Dharma Husada Kediri. Kompleksitas fungsi ruang poliklinik mewajibkan integrasi presisi elemen plumbing (air bersih, air limbah, gas medis) dan ducting (penghawaan buatan). Metode yang digunakan meliputi studi pustaka tentang peran BIM dalam koordinasi elemen utilitas. Dengan diikuti studi kasus proyek poliklinik dengan simulasi konversi desain 2D ke model 3D BIM. Deteksi konflik spasial dan fungsional antara elemen utilitas dan struktur bangunan diuji melalui BIM, sehingga potensi tabrakan pipa dan saluran udara dengan balok, kolom, dan plafon teridentifikasi sejak tahap awal perancangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM mampu meningkatkan interoperabilitas antar perangkat lunak, mempermudah lintas disiplin, dan mengurangi risiko revisi desain pada fase konstruksi. Kendala yang ditemui meliputi perbedaan standar pemodelan dan variasi LOD, tetapi penggunaan platform kolaboratif berhasil meminimalkan hambatan tersebut. Dengan demikian, penerapan BIM terbukti strategis dalam memaksimalkan koordinasi elemen utilitas dan dapat direplikasi pada proyek fasilitas kesehatan lain yang memiliki kompleksitas teknis tinggi.

Kata kunci: *BIM, elemen utilitas, rumah sakit, desain poliklinik*

Pendahuluan

Konstruksi fasilitas kesehatan merupakan salah satu sektor yang memiliki tingkat kompleksitas

tinggi, khususnya dalam integrasi elemen utilitas dan koordinasi antar ruang fungsional. Dalam konteks ini, pendekatan Integrated Project Delivery (IPD) sebagai metode manajemen proyek

yang menekankan kolaborasi lintas disiplin dalam awal perancangan. Desain rumah sakit tidak hanya berperan dalam aspek visual dan spasial, tetapi juga menjadi kerangka awal yang menentukan keberfungsian sistem teknis jangka panjang. Salah satu instalasi yang merepresentasikan kompleksitas tersebut adalah poliklinik, yang berfungsi sebagai pusat layanan rawat jalan dengan intensitas pengguna tinggi dan keragaman aktivitas medis. Poliklinik mencakup sejumlah ruang fungsi seperti ruang tunggu, ruang pemeriksaan, ruang tindakan, dan farmasi, yang masing-masing memiliki kebutuhan utilitas berbeda namun saling terhubung. Oleh karena itu, sinkronisasi elemen utilitas menjadi aspek krusial yang harus dirancang secara terpadu sejak tahap awal.

Teknologi Building Information Modeling (BIM) menawarkan pendekatan berbasis model informasi yang memungkinkan visualisasi dan integrasi sistem bangunan dalam satu platform digital. Penggunaan BIM dalam tahap perencanaan mendukung deteksi dini terhadap konflik utilitas antarelemen, simulasi kinerja teknis, serta dokumentasi teknis yang akurat. Dalam penerapannya, BIM juga berperan sebagai alat koordinatif untuk memperkuat sinergi antar pemangku kepentingan dalam proses desain. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan IPD dengan BIM dalam meningkatkan sinkronisasi elemen utilitas pada instalasi poliklinik di Rumah Sakit Dharma Husada Kediri. Dalam konteks penelitian ini, sinkronisasi elemen utilitas mencakup elemen teknis seperti plumbing dan ducting. Sistem plumbing meliputi jaringan distribusi air bersih, pembuangan air limbah medis yang memerlukan penanganan khusus, serta instalasi pipa gas medis yang esensial untuk mendukung prosedur pelayanan kesehatan. Sementara itu, sistem ducting berkaitan erat dengan tata udara yang memengaruhi kualitas udara, suhu, kelembapan, dan kebersihan lingkungan ruang medis. Sinkronisasi elemen-elemen ini menjadi kunci agar desain poliklinik mampu memenuhi standar teknis dan fungsional yang kompleks.

Building Information Modeling (BIM) memiliki integrasi dalam struktural dan arsitektural pada fasilitas pelayanan kesehatan, termasuk instalasi poliklinik. Instalasi poliklinik di Rumah Sakit Dharma Husada, misalnya, terdiri atas 11 poli, antara lain dua ruang poli umum, poli anak, kebidanan dan kandungan, kulit dan kelamin, penyakit dalam, ortopedi, jantung, saraf, paru, jiwa, dan THT. Kompleksitas kebutuhan fungsional di masing-masing ruang menuntut elemen utilitas yang terkoordinasi secara presisi dan efisien. Penerapan BIM memberikan manfaat

signifikan dalam koordinasi elemen utilitas karena mampu meningkatkan interoperabilitas (kemampuaan sistem) antarperangkat lunak, memperkuat integrasi desain bangunan, serta mendukung siklus hidup proyek konstruksi secara keseluruhan (Xie et al., 2011). Selain itu, BIM menyatukan berbagai sistem dalam satu model digital, memudahkan koordinasi, dan mendeteksi potensi konflik layout MEP sejak tahap perancangan. Berbeda dengan metode manual yang rentan terhadap keterlambatan dan miskomunikasi, BIM memungkinkan deteksi dini konflik sinkronisasi baik secara spasial maupun fungsional sejak tahap awal desain. Meski demikian, tantangan tetap muncul, seperti perbedaan standar pemodelan, variasi tingkat detail (Level of Detail/LOD), serta kurangnya kolaborasi lintas disiplin dalam satu model yang terintegrasi secara real-time. Untuk mengatasi kendala ini, platform kolaboratif seperti BIM Cloud diperlukan agar seluruh tim dapat bekerja sinkron pada model yang sama, terutama dalam perancangan elemen utilitas agar tidak bertabrakan dengan elemen struktural dan arsitektural yang telah diperbarui.

Wang et al. (2016) dan Ragutu et al. (2018) menunjukkan bahwa integrasi desain MEP berbasis BIM dapat diterapkan secara menyeluruh sejak tahap desain awal, proses koordinasi lintas disiplin, hingga pelaksanaan konstruksi dan prefabrikasi. Salah satu fitur penting BIM adalah LOD bertingkat, mulai dari LOD 100 (konseptual) hingga LOD 300 model berupa 3D, yang memungkinkan pendeteksian dan penyelesaian konflik sinkronisasi elemen utilitas untuk tahapan selanjutnya.

Hal ini menunjukkan bahwa desain elemen utilitas (plumbing dan ducting) berbasis BIM dapat dilakukan dalam awal desain perancangan, yang sangat menguntungkan untuk proyek rumah sakit yang memerlukan waktu pelaksanaan efisien dan minim gangguan. Dengan demikian, BIM menawarkan efisiensi, akurasi, dan integrasi proyek fasilitas layanan kesehatan, termasuk sinkronisasi elemen utilitas. Hal ini dipertimbangkan dari beberapa studi pustaka berikut:

Tabel 1. Kesenjangan Riset dan Kebaruan Jurnal Penulis

Judul & Penulis	Perbedaan / Kesenjangan	Kebaruan yang Diterapkan
Wang et al. (2016)	Fokus integrasi desain MEP tahap lanjut	Menerapkan BIM bukan hanya untuk konstruksi
BIM-based MEP Layout Designs and Constructability	konstruksi di proyek	tahap lanjut, tetapi pada fase

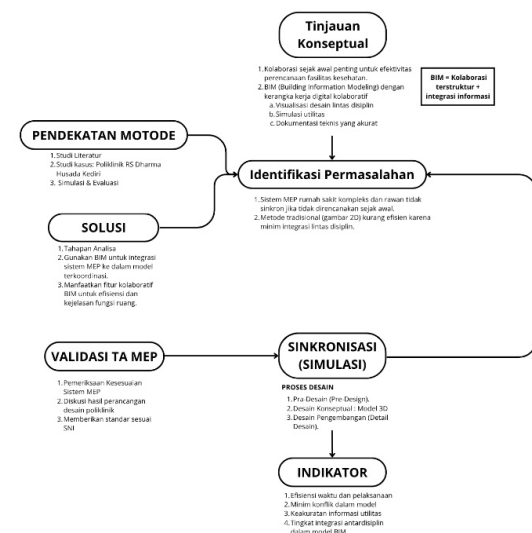
	komersial besar	desain awal sistem MEP, dengan perhatian khusus pada konfigurasi teknis ruang medis
Ragutu Pradeep et al, Building Information Modelling And Analysis For Mep Services.	Fokus pada koordinasi dan deteksi tabrakan MEP secara teknis, belum menyentuh sinkronisasi MEP dalam konteks fasilitas kesehatan yang memiliki kebutuhan utilitas lintas ruang fungsi	Menerapkan BIM secara terkoordinasi pada sinkronisasi sistem MEP lintas ruang fungsi di fasilitas rawat jalan (poliklinik).
Wang et al. (2014), A BIM-enabled MEP Coordination Process for Use in China	Penelitian membahas proses koordinasi BIM untuk MEP secara umum. Menjelaskan tahapan dan manfaat penggunaan BIM pada model MEP	Mengadopsi prinsip koordinasi BIM namun menerapkannya secara kontekstual dengan penekanan pada sinkronisasi elemen utilitas (plumbing dan ducting) di poliklinik.
Pradeep et al. (2018), BIM and Analysis for MEP Services.	Fokus pada koordinasi dan deteksi tabrakan mengenai MEP	Integrasi BIM untuk perencanaan teknis sinkronisasi utilita, pembahasan layout MEP dan pentingnya LOD

Membahas pentingnya sinkronisasi elemen utilitas seperti pipa air bersih, pembuangan limbah medis, dan sistem ducting pada instalasi poliklinik.

Fasilitas kesehatan memiliki kebutuhan teknis yang kompleks, terutama karena banyaknya ruang dengan fungsi berbeda namun saling terhubung. Penerapan pendekatan Integrated Project Delivery (IPD) dan teknologi Building Information Modeling (BIM) dinilai efektif untuk membantu perencanaan yang lebih terkoordinasi perancangan awal. BIM juga memudahkan deteksi dini terhadap potensi konflik elemen utilitas dan mempercepat proses koordinasi lintas disiplin.

Studi ini memberikan kontribusi dalam menunjukkan bagaimana BIM dapat diterapkan secara spesifik untuk sinkronisasi elemen utilitas di fasilitas pelayanan kesehatan. Hasilnya diharapkan dapat mendukung perencanaan yang lebih efisien, akurat, dan terintegrasi.

Konsep integrasi elemen utilitas dengan structural dan arsitektural menggunakan pendekatan Building Information Modeling (BIM), kerangka berpikir dalam penelitian ini mengacu pada integrasi efisiensi informasi dan simulasi elemen utilitas, yang diharapkan dapat menghasilkan desain modular yang terkoordinasi sejak awal desain perancangan yang sudah dalam progress 2D. Penelitian ini mengacu pada kerangka pola pikir berikut:



Gambar 1. Detail Kerangka Pola Pikir

Metode

Studi Literatur

Dilakukan untuk pemanfaatan BIM dalam proyek fasilitas kesehatan serta strategi koordinasi elemen utilitas. Kajian ini mencakup pembahasan tentang prinsip kerja BIM, peranannya dalam integrasi elemen utilitas, tingkat kedalaman model (Level of Detail/LOD), dan peran BIM dalam efisiensi proses desain dan pelaksanaan

1. Peran BIM dalam mendeteksi konflik antar elemen utilitas untuk desain perancangan.
2. Tantangan dan hambatan dalam implementasi BIM
3. Strategi koordinasi dalam sinkronisasi elemen utilitas melalui platform digital
4. Fungsi dan manfaat BIM dalam proyek konstruksi bangunan kompleks.

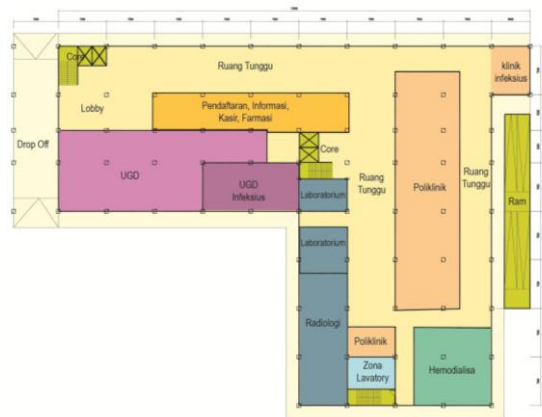
Penulisan ini membangun dasar teoritis mengenai peran dan manfaat BIM dalam bangunan kompleks, khususnya rumah sakit. Beberapa literatur menjadi acuan, seperti Wang et al. (2016) yang membahas integrasi desain MEP pada tahap konstruksi di proyek komersial skala besar, serta Ragutu Pradeep et al. (2018) yang berfokus pada koordinasi dan deteksi tabrakan teknis sistem MEP meskipun belum menyentuh sinkronisasi utilitas dalam konteks fasilitas kesehatan. Selain itu, Wang et al. (2014) mengembangkan proses koordinasi BIM untuk MEP sedangkan Pradeep et al. (2018) membahas integrasi BIM untuk perencanaan sinkronisasi utilitas, layout MEP, dan pentingnya penggunaan Level of Detail (LOD). Keseluruhan literatur tersebut menjadi dasar pembandingan yang menegaskan kebaruan penelitian ini, yaitu penerapan BIM pada sinkronisasi elemen MEP lintas ruang fungsi secara teknis dalam instalasi poliklinik rumah sakit.

Studi Kasus

Studi kasus dilakukan dengan mengambil proyek pembangunan instalasi poliklinik di Rumah Sakit Dharma Husada Kediri sebagai objek kajian. Proyek ini dipilih karena memiliki koordinasi utilitas akibat banyaknya ruang fungsional yang berbeda dan intensitas operasional medis yang tinggi. Pemilihan lokasi di Jl. Raya Kras, Kecamatan Kras, Kabupaten Kediri, dengan luas lahan sekitar 8.900 m². Fokus pada unit poliklinik dipilih karena fungsinya sebagai pusat layanan rawat jalan yang memiliki intensitas aktivitas tinggi dan kebutuhan sistem utilitas yang kompleks. Poliklinik menjadi simpul penting dalam distribusi pelayanan medis, dengan berbagai ruang fungsional seperti ruang tunggu, ruang pemeriksaan, ruang tindakan, dan farmasi, yang masing-masing memerlukan tata letak elemen utilitas yang presisi dan terkoordinasi dengan struktural.



Gambar 2. Blokplan Rumah Sakit Dharma Husada

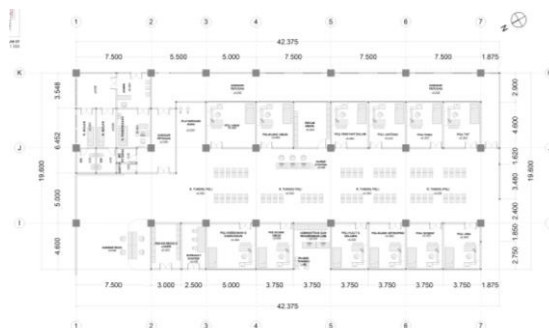


Gambar 3. Blokplan Lantai 1 Rumah Sakit Dharma Husada

KAK proyek ini menekankan pentingnya sistem pencahayaan dan penghawaan yang sesuai standar kesehatan, pengelolaan air kotor/limbah dan padat secara higienis melalui sanitasi dan IPAL, serta sistem ducting dimulai penggunaan pada penghawaan dengan AC juga dirancang secara menyatu dengan structural dan arsitektural bangunan agar mendukung keberfungsian poliklinik secara keseluruhan.

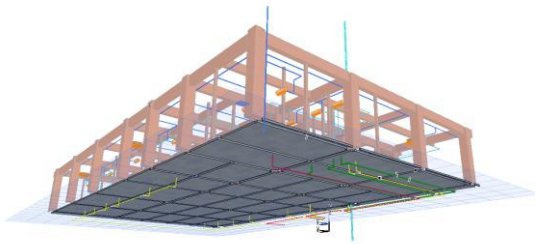
Simulasi Integrasi Data Antar sistem dan Pengaturan Layout Desain

Proses simulasi integrasi data antarsistem dan pengaturan layout desain diawali dari konsep rencana yang dituangkan ke dalam desain 2D, kemudian dikembangkan menjadi model 3D untuk mendeteksi konflik struktural serta memvalidasi dari TA MEP dalam integrasi elemen utilitas pada struktural dan arsitektural. Simulasi 3D ini menghasilkan layout yang terkoordinasi dan menjadi umpan balik bagi penyempurnaan desain 2D hingga 3D, sehingga sinkronisasi elemen utilitas (plumbing dan ducting) dapat tercapai secara optimal.

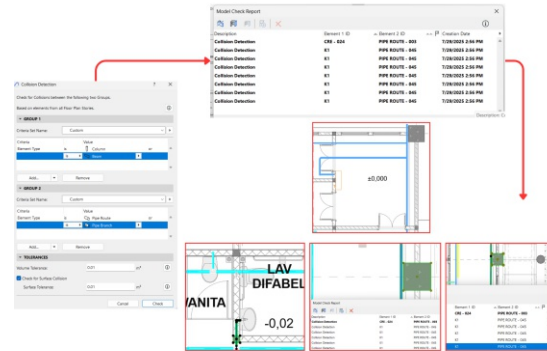


Jenis Elemen Struktural	Dimensi
Balok Utama	35x75cm
Balok Anak	28x55cm
Kolom Utama	70x70cm
Kolom Praktis	15x15cm





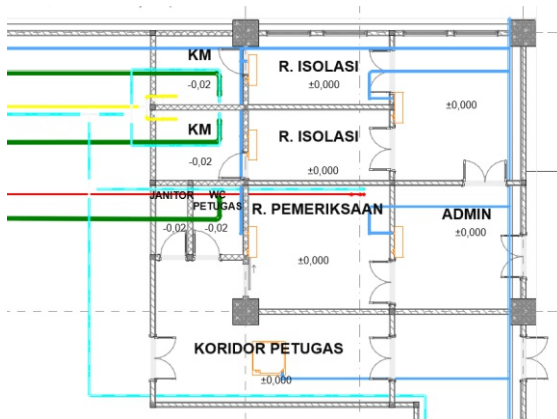
Gambar 9. Modeling Elemen utilitas dengan Elemen struktural Parsial Poliklinik



Gambar 11. Hasil Clash Detection

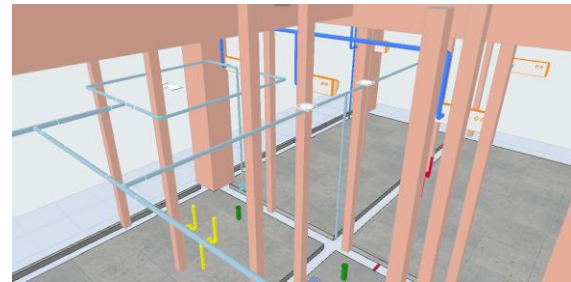
Berdasarkan hasil pemodelan 2D lainnya pada denah parsial Poliklinik, terlihat adanya kompleksitas alur perpipaan yang cukup tinggi, khususnya pada area Poliklinik Infeksius. Titik-titik perpotongan dan percabangan pipa menunjukkan bahwa diperlukan perencanaan yang lebih cermat untuk menghindari potensi konflik dengan elemen struktural dan utilitas lainnya.

Dari hasil pengecekan model, ditemukan bahwa beberapa elemen utilitas mengalami tabrakan (clash) dengan elemen struktural. Kondisi ini memengaruhi proses perbaikan pada gambar kerja 2D, sehingga perlu dilakukan penyesuaian sebelum dikonversi kembali ke model 3D agar tidak terjadi clash ulang.



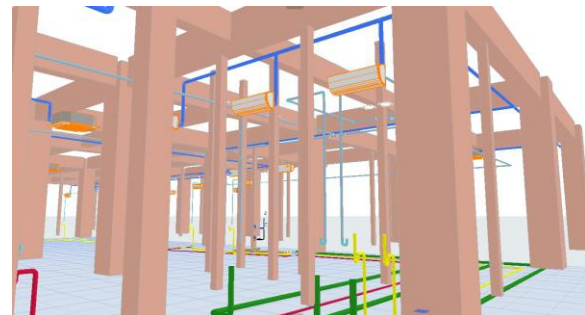
Gambar 10. 2D Modeling Rencana Perpipaan Parsial Poliklinik Infeksius

2D pada denah parsial Poliklinik, terlihat adanya kompleksitas alur perpipaan yang cukup tinggi, khususnya pada area Poliklinik Infeksius. Titik-titik alur pipa menunjukkan bahwa diperlukan perencanaan yang lebih cermat untuk menghindari potensi konflik dengan elemen struktural dan utilitas lainnya.

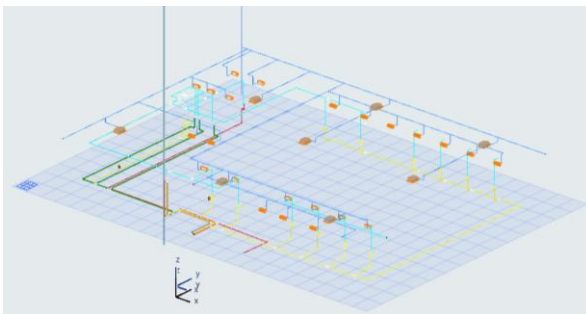


Gambar 12. 3D Modeling Parsial Poliklinik bagian Infeksius

Jika mengalami tabrakan hal ini bisa diulang kembali pada bagian 2D desain detail tanpa harus mengulang dari konsep 2D, karena dalam BIM memiliki system yang otomatis terkonverensi dengan 3D modeling. Sehingga pemodelan 3D bisa langsung re-build secara otomatis dengan model yang baru sesuai dengan arahan TA MEP.



Gambar 13. 3D Modeling Parsial Poliklinik (Visualisasi Sinkronisasi Elemen Utilitas dengan Struktural)



Gambar 13. . Hasil Diagram Keseluruhan Elemen Utilitas pada Modeling Parsial Poliklinik

Berdasarkan pada hasil model 3D dan analisis pemipaan dapat disimpulkan bahwa:

1. Integrasi pemodelan 2D ke 3D melalui sistem BIM terbukti mempermudah proses sinkronisasi antara elemen struktural dan jaringan utilitas. Perubahan desain dapat dilakukan secara cepat tanpa harus mengulang dari konsep awal.
2. Proses pemodelan mampu mendeteksi potensi konflik sejak dini, khususnya pada jalur pipa yang berdekatan dengan elemen struktural seperti balok, kolom, plat, serta area yang memiliki kepadatan utilitas tinggi, seperti Poliklinik Infeksius.
3. Elemen struktural, terutama pada bagian bawah bangunan, berpengaruh signifikan terhadap penentuan jalur dan elevasi saluran pembuangan limbah yang idealnya memiliki kemiringan minimal 1% untuk menjaga fungsi sistem utilitas.
4. Kompleksitas percabangan pipa menunjukkan perlunya perencanaan yang lebih cermat sejak tahap awal agar potensi konflik dapat diminimalkan dan koordinasi antar-disiplin dapat berjalan optimal.

Tantangan dalam Implementasi BIM

Meskipun BIM memberikan banyak keuntungan, selalu ada tantangan terutama dalam hal penerapan standar pemodelan yang berbeda. Variasi Level of Detail (LOD), serta kesulitan dalam kolaborasi antardisiplin yang menggunakan perangkat lunak berbeda. Selama implementasi pada proyek ini, tim menghadapi beberapa hambatan, termasuk kurangnya pemahaman awal mengenai penggunaan BIM dari beberapa anggota tim. Namun, dengan penggunaan BIM Cloud, tim dapat bekerja secara lebih terkoordinasi dan sinkron, menghindari masalah yang muncul akibat ketidaksesuaian antar perangkat lunak.

Kesimpulan

Penerapan Building Information Modeling (BIM) dalam perancangan instalasi poliklinik Rumah Sakit Dharma Husada Kediri terbukti meningkatkan efektivitas sinkronisasi elemen

utilitas, terutama sistem plumbing dan ducting. Melalui konversi desain 2D ke model 3D BIM, potensi konflik antara elemen utilitas dan struktur bangunan dapat diidentifikasi sejak tahap awal perancangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa koordinasi antar sistem menjadi lebih terstruktur dan presisi, sehingga mampu mengurangi risiko tabrakan antar elemen teknis.

Penggunaan BIM juga mendorong kolaborasi lintas disiplin secara lebih sinkron, terutama melalui BIM Cloud, yang meminimalkan kendala akibat perbedaan perangkat lunak dan standar pemodelan. Kendati masih ditemukan tantangan dalam penerapan, seperti variasi Level of Detail (LOD) dan perbedaan pemahaman antartim, BIM tetap menjadi alat strategis dalam merancang sistem utilitas yang terintegrasi dan efisien. Dengan demikian, pendekatan ini relevan diterapkan pada proyek fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki tingkat kompleksitas teknis tinggi dan memerlukan koordinasi elemen secara intensif sejak awal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Islam Indonesia, khususnya Program Pendidikan Profesi Arsitek, atas dukungan fasilitas dan kesempatan yang diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ariadi Susanto, ST., M.T., IAI, atas bimbingan serta masukan yang bermanfaat dalam proses penulisan jurnal ini.

Penulis mengucapkan terima kasih juga, kepada Tenaga Ahli (TA) MEP yang telah memberikan pendampingan teknis dan validasi data dalam proses pemodelan elemen utilitas. Tak lupa, penghargaan dan terima kasih diberikan kepada keluarga serta rekan-rekan yang memberi dukungan hingga jurnal ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Bestari, N. A. S., & Aji, R. B. (2024). Manajemen Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Gedung Baru Rumah Sakit Umum Haji Medan. *INTERDISIPLIN: Journal of Qualitative and Quantitative Research*, 1(2), 50–62.
- Chellappa, J., & Park, H. J. (2010). BIM healthcare: On the view of a primary healthcare renovation project. *New Frontiers - Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design in Asia, CAADRIA 2010, January*, 293–302. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2010.2>

- Hire, S., Sandbhor, S., Ruikar, K., & Amarnath, C. B. (2021). BIM usage benefits and challenges for site safety application in Indian construction sector. *Asian Journal of Civil Engineering*, 22(7), 1249–1267. <https://doi.org/10.1007/s42107-021-00379-8>
- Jin, J., Hwang, K. E., & Kim, I. (2020). A study on the constructivism learning method for BIM/IPD collaboration education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(15). <https://doi.org/10.3390/app10155169>
- Jones, B. I. (2020). A study of building information modeling (BIM) uptake and proposed evaluation framework. *Journal of Information Technology in Construction*, 25(April), 452–468. <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2020.026>
- Karasu, T., Aaltonen, K., & Haapasalo, H. (2023). The interplay of IPD and BIM: a systematic literature review. *Construction Innovation*, 23(3), 640–664. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2021-0134>
- Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2007). Challenges and benefits of implementing virtual design and construction technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing systems on large healthcare project. *Image Rochester NY*, 5(Vdc), 205–212. <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2007-032-107-Khanzode.pdf>
- Tiza, M. T. (2024). The Impact of Building Information Modelling (BIM) in the Construction Industry. *Brilliant Engineering*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.36937/ben.2024.4841>
- TohidiFar, A., Mousavi, M., & Alvanchi, A. (2021). A hybrid BIM and BN-based model to improve the resiliency of hospitals' utility systems in disasters. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 57(December 2020), 102176. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102176>
- Walker, D. H. T., & Lloyd-Walker, B. (2019). Characteristics of ipd: A collaboration framework overview. In *Routledge Handbook of Integrated Project Delivery*. <https://doi.org/10.1201/9781315185774-3>
- Wang, J., Wang, X., Shou, W., Chong, H. Y., & Guo, J. (2016). Building information modeling-based integration of MEP layout designs and constructability. *Automation in Construction*, 61, 134–146. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.003>
- Yung, P., Wang, J., Wang, X., & Jin, M. (2014). A BIM-enabled MEP coordination process for use in China. *Journal of Information Technology in Construction*, 19(July), 383–398.