

PENERAPAN BIM DAN AUGMENTED REALITY MENGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN GAMMA AR PADA PENGAWASAN PEMBANGUNAN STRUKTUR

ALYA DARA SAFIRA¹, BENNY HIDAYAT^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Padang, Sumatera Barat.

*Corresponding Author : ✉ bennyhidayat@eng.unand.ac.id

Naskah diterima : 19 Januari 2024. Disetujui: 24 Februari 2024. Diterbitkan : 30 Maret 2024

ABSTRAK

Industri Konstruksi merupakan salah satu sektor yang memiliki peran strategis dalam perkembangan informasi dan teknologi suatu negara. Terdapat berbagai macam inovasi dalam industri konstruksi, salah satu solusi digital yang paling menjanjikan di sektor konstruksi adalah *Building Information Modeling* (BIM). Seiring berjalannya waktu penggunaan BIM saja dalam industri konstruksi masih dirasa kurang memadai untuk mencapai target yang diinginkan, terlebih dalam pengawasan proyek konstruksi. Oleh karena itu diciptakanlah suatu inovasi baru dengan cara mengkolaborasi atau memanfaatkan teknologi yang ada, salah satu teknologi tersebut adalah menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR). Pada penelitian ini dilakukan pemodelan BIM 3D dan 4D dengan menggunakan *software Autodesk Revit, Ms. Project & Navisworks*, serta 5D untuk estimasi biaya proyek, lalu mendemonstrasikan model dengan *software Gamma AR*. Dilakukan pemodelan bangunan menggunakan *software Autodesk Revit*, lalu dari pemodelan tersebut dihitung volume pekerjaan yang nantinya akan digunakan untuk menghitung anggaran biaya proyek. Selanjutnya dilakukan pengintegrasian model menggunakan *schedule* rencana proyek dengan *software Ms.Project & Navisworks*. Selanjutnya pemodelan didemonstrasikan menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR) dengan *software Gamma AR*. Hasil dari penelitian ini berupa pemodelan BIM 3D dalam bentuk *software Autodesk Revit* dan penyajian secara *realtime* dalam bentuk *Augmented Reality* (AR), kemudian BIM 4D berupa penjadwalan proyek yang dapat ditampilkan progres pekerjaannya dengan menggunakan *Augmented Reality* (AR), lalu BIM 5D berupa estimasi biaya proyek sebesar Rp 5,850,593,000.00 yang didapatkan dari hasil perkalian volume pekerjaan dengan HSP Kota Padang.

Kata kunci : *Building Information Modelling, Augmented Reality, Autodesk Revit, Gamma AR, Microsoft Project, Navisworks*

1. PENDAHULUAN

Industri Konstruksi merupakan salah satu sektor yang memiliki peran strategis dalam perkembangan informasi dan teknologi suatu negara. Kemajuan di dunia informasi dan teknologi diharapkan mampu mengatasi masalah koordinasi yang biasa terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi guna memperbaiki produktivitas industri konstruksi yang rendah (Johnson dan Laepple 2003). Salah satu teknologi yang digunakan adalah Building Information Modeling (BIM). Building Information Modeling (BIM) adalah teknologi dan proses revolusioner yang memiliki kemampuan dengan cepat merancang, membangun, dan mengoperasikan bangunan (Hardin, 2009).

Teknologi Building Information Modelling (BIM) menawarkan sejumlah keunggulan dan telah banyak kajian yang dilakukan tentang penerapan BIM di sektor konstruksi (Ozorhon dan Cinar 2017). Manfaat paling besar dalam penggunaan BIM adalah pengurangan biaya, penghematan waktu, dan kontrol yang lebih efisien di seluruh siklus hidup proyek (Bryde, Broquetas dan Volm 2013). Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR nomor 22 tahun 2018 disebutkan bahwa "Penggunaan Building Information Modelling (BIM) wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas di atas 2000 m² dan di atas 2 lantai".

Seiring berjalannya waktu penggunaan BIM saja dalam industri konstruksi masih dirasa kurang memadai untuk mencapai target yang diinginkan, terlebih dalam pengawasan proyek konstruksi. Penggunaan Augmented Reality (AR) menjadi salah satu inovasi metode penggunaan Building Information Modelling (BIM) dalam dunia Industri Konstruksi. Azuma (1997) menyebutkan bahwa Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya 2D ataupun 3D ke dalam sebuah lingkungan nyata, lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut secara realtime. Sistem Augmented Reality (AR) telah dikembangkan di bidang pertempuran militer (VTAGS), pemeliharaan industri (Schwald dan de Laval 2003), dan pendidikan sekolah (Kaufmann et al. 2000). Augmented Reality (AR) dapat diartikan sebagai sebuah istilah untuk lingkungan yang menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual yang dibuat oleh komputer sehingga batas antara keduanya menjadi sangat tipis (Rizky Zulkarnaen, 2010).

Untuk melakukan pengkolaborasi teknologi tersebut pada penelitian ini digunakan software Autodesk Revit dan Gamma AR. Autodesk Revit adalah salah satu perangkat lunak BIM yang sangat banyak digunakan dalam industri konstruksi dan desain. Revit memiliki keunggulan karena selain mengasah kemampuan seni dan visualisasi, Revit juga menangani segi-segi teknis dalam perancangan, seperti logika struktur, pembiayaan, dan manajemen proyek (Amir, 2011). Autodesk Revit memiliki kemampuan yang dapat menggambarkan detail denah, potongan, perspektif, dan penjadwalan dengan cara mengolah, memperbarui, dan mendokumentasikan desain suatu proyek secara 3D dalam satu file (Gegana, 2015). Gamma AR adalah sebuah software inovatif yang menggabungkan teknologi AR dengan BIM untuk merevolusi industri konstruksi.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaplikasian BIM dengan teknologi AR menggunakan software Autodesk Revit & Gamma AR. Output yang dihasilkan berupa pemodelan proyek konstruksi dalam bentuk AR yang digunakan sebagai alat pengawasan proyek konstruksi. Penelitian ini dilakukan pada Proyek X yang sedang dilaksanakan di Universitas Andalas

2. METODA PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

2.1. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini melakukan pengumpulan data terkait objek yang akan dibahas selama penelitian. Data yang dibutuhkan berupa Detail Engineering Design (DED) proyek dan skedul rencana.

DED (Detail Engineering Design) adalah tahap dalam proses perencanaan dan perancangan bangunan yang bertujuan untuk menghasilkan gambar dan spesifikasi teknis yang detail. Sedangkan schedule merupakan suatu rencana yang mengatur waktu dan urutan kegiatan dalam suatu periode tertentu. Dengan adanya schedule, kita dapat mengatur waktu dengan lebih efisien dan meningkatkan produktivitas. Schedule juga membantu dalam perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan atau proyek.

2.2. Pemodelan 3D Struktur Bangunan

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan 3D menggunakan software Autodesk Revit sesuai objek yang akan dibuat, yakni pemodelan struktur bangunan Proyek X. Langkah secara umum yang akan dilaksanakan pada tahap ini adalah membaca gambar DED proyek lalu, dimodelkan menggunakan software Autodesk Revit hingga bentuk yang didesain sesuai dengan yang direncanakan (Kharimah & Hidayat, 2023).

2.3. Review Model

Pada tahap ini dilakukan pengecekan dan melakukan review pemodelan 3D yang telah dibuat sebelumnya. Pengecekan dilakukan secara manual dan menggunakan fitur clash detection pada software Autodesk Revit apakah model 3D sudah sesuai dengan data yang digunakan dan direncanakan. Clash Detection atau deteksi bentrok adalah istilah yang digunakan untuk mengidentifikasi, meninjau, dan melaporkan adanya gangguan dalam suatu model proyek, dalam tahap desain dan prakonstruksi. Dengan adanya fitur ini memberikan keuntungan karena dapat menemukan kesalahan yang terjadi pada model.

2.4. Perhitungan Volume Pekerjaan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan volume pekerjaan atau Quantity Take-Off (QTO) yang didapatkan dari pemodelan bangunan menggunakan fitur Material Take-Off pada software Autodesk Revit, lalu akan direkap dalam bentuk report.

2.5. Perhitungan Bill Of Quantity (BOQ)

Setelah pemodelan dan perhitungan volume selesai, dengan menggunakan data spesifikasi yang didapatkan, maka dilakukan perhitungan BOQ guna mengetahui berapa anggaran biaya dari objek tersebut. Perhitungan BOQ dapat dilakukan dengan cara menggunakan volume yang didapatkan dari output QTO pemodelan software Autodesk Revit lalu dikalikan dengan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) Kota Padang.

2.6. Mengintegrasikan Model dan Penjadwalan

Pada tahap ini melakukan integrasi antara model yang telah dibuat menggunakan software Autodesk Revit dan penjadwalan yang dibuat menggunakan software Ms.Project. Langkah

umum yang dilakukan pada tahap ini adalah schedule rencana yang didapatkan dari proyek dan volume unit pekerjaan diinputkan ke dalam software Ms.Project, lalu dilihat bobot dan persentase progres pekerjaan per-minggunya. Setelah itu diimporkan ke software Navisworks untuk melihat simulasi atau animasi pembangunan struktur Proyek X.

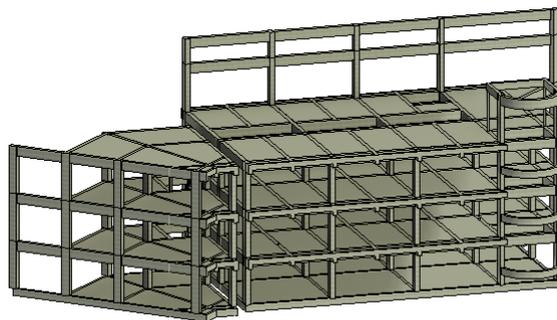
2.7. Menampilkan Item Pekerjaan dengan Teknologi Augmented Reality

Pada tahap ini model yang telah terintegrasi diinputkan ke dalam software Gamma AR untuk menampilkan desain pekerjaan yang telah dibuat sebelumnya dan akan ditampilkan dalam bentuk Augmented Reality (AR) yang disesuaikan dengan waktu penjadwalan proyek. Penggunaan Augmented Reality (AR) pada pengawasan berguna untuk meefesiensikan pekerjaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan Struktur Bangunan

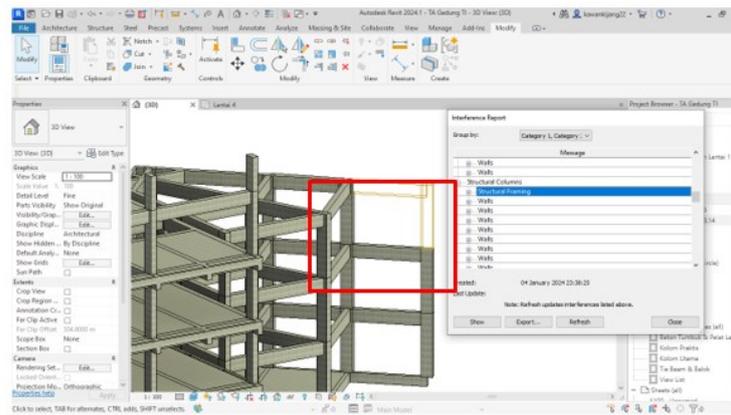
Pada tahapan ini dilakukan pemodelan struktur bangunan yaitu memodelkan objek sloof, tie beam, kolom, balok, dan pelat lantai. Pemodelan ini dilakukan berdasarkan Detail Engineering Design (DED) dengan menggunakan software Autodesk Revit 2024. Penggunaan aplikasi dilakukan dengan melakukan percobaan menggunakan model bangunan Proyek X.



Gambar 1. Model struktur bangunan Proyek X

3.2. Clash Detection Analysis dengan Autodesk Revit 2024

Clash Detection adalah suatu kegiatan untuk mengetahui apakah item atau elemen-elemen pemodelan mengalami bentrokan dan juga untuk memastikan bahwa elemen tersebut berada pada posisi yang sesuai. Kegiatan ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Interference Check* yang ada pada Autodesk Revit 2024.



Gambar 2. Clash Detection

3.3. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume pekerjaan ini digunakan untuk mendapatkan perhitungan estimasi biaya proyek. Volume pekerjaan didapatkan dari software Autodesk Revit dengan menggunakan fitur Material Takeoff, lalu volume pekerjaan dapat dikeluarkan berdasarkan jenis item pekerjaan serta material yang digunakan. Berikut disajikan tabel hasil rekap volume pekerjaan.

Tabel 1. Hasil perhitungan volume kolom

Lantai	Type	Jumlah	Lenght	Volume (m ³)
1	Kolom (40 x 70) cm	25	100.000	28.000
	Kolom raktis (15 x 15) cm	60	228.000	5.100
2	Kolom (40 x 70) cm	25	100.000	28.000
	Kolom Praktis (15 x 15) cm	2	8.000	0.180
3	Kolom (40 x 70) cm	25	100.000	28.000
	Kolom Praktis (15 x 15) cm	2	8.000	0.180
4	Kolom (40 x 70) cm	7	28.000	7.840
	Kolom Praktis (15 x 15) cm	2	8.000	0.180
4 E+16	Kolom (40 x 70) cm	5	10.700	3.000
Volume Total				100.480

Tabel 2. Hasil perhitungan volume balok

Lantai	Type	Jumlah	Lenght	Volume (m ³)
1	Tie Beam (25 x 60) cm	47	258.330	38.140
	Balok (35 x 80) cm	46	215.980	54.780
2	Balok (40 x 80) cm	18	116.480	34.600
	Balok List Plank (25 x 45) cm	11	46.740	3.850
	Balok List Plank (25 x 70) cm	6	23.680	3.900
3	Balok (35 x 80) cm	43	190.650	48.420
	Balok (40 x 80) cm	22	145.100	42.830
	Balok List Plank (25 x 45) cm	11	46.740	3.860

Lantai	Type	Jumlah	Lenght	Volume (m³)
	Balok List Plank (25 x 70) cm	6	23.300	3.800
4	Balok (35 x 80) cm	45	194.290	49.140
	Balok (40 x 80) cm	22	147.500	43.910
	Balok List Plank (25 x 45) cm	11	46.740	3.860
	Balok List Plank (25 x 70) cm	6	23.300	3.800
4	Balok (30 x 60) cm	3	12.100	2.030
	Balok (40 x 80) cm	9	69.940	21.070
Volume Total				357.990

Tabel 3. Hasil perhitungan volume pelat lantai

Lantai	Type	Volume (m³)
1	Beton Tumbuk	63.710
2	Pelat Lantai (120 mm)	59.380
3	Pelat Lantai (120 mm)	57.910
4	Pelat Lantai (120 mm)	51.310
Volume Total		232.310

Tabel 4. Hasil perhitungan volume dinding

Lantai	Type	Volume (m³)	Area Total (m²)
1	Dinding (150 mm)	67.370	451.000

3.4. Bill Of Quantity

Data volume hasil perhitungan dari software Autodesk Revit kemudian dikalikan dengan Harga Satuan Pekerjaan Kota Padang agar nantinya didapatkan Bill Of Quantity pembangun Proyek X. Rumus yang digunakan untuk perhitungan BOQ adalah sebagai berikut :

Bill Of Quantity = Volume pekerjaan x Harga Satuan Pekerjaan

Tabel 5. BOQ pekerjaan struktur gedung Proyek X

BILL OF QUANTITY					
No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	BOQ
A	Pekerjaan Struktur Lantai 1				
1	Pekerjaan Kolom				
	Pekerjaan Kolom Utama (40 x 70)	100.000	m'	Rp 3,183,499.57	Rp 318,349,957.02
	Pekerjaan Kolom Praktis (15 x 15)	228.000	m'	Rp 255,816.93	Rp 58,326,259.98
2	Pekerjaan Balok				
	Pekerjaan Tie Beam (25 x 60) cm	258.330	m'	Rp 1,654,897.20	Rp 427,509,593.68
3	Pekerjaan Lantai				
	Pekerjaan Beton Tumbuk (Mutu K-324)	63.710	m³	Rp 1,236,078.65	Rp 78,750,570.79
4	Pekerjaan Dinding				

BILL OF QUANTITY						
No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	BOQ	
	Pekerjaan Dinding Bata Hebel	451.000	m ²	Rp 218,678.67	Rp 98,624,080.99	
Total Harga Pekerjaan Struktur Lantai 1					Rp 981,560,462.47	
B	Pekerjaan Struktur Lantai 2					
1	Pekerjaan Kolom					
	Pekerjaan Kolom Utama (40 x 70)	100.000	m'	Rp 3,183,499.57	Rp 318,349,957.02	
	Pekerjaan Kolom Praktis (15 x 15)	8.000	m'	Rp 255,816.93	Rp 2,046,535.44	
2	Pekerjaan Balok					
	Pekerjaan Balok (35 x 80) cm	215.980	m'	Rp 3,089,141.44	Rp 667,192,768.21	
	Pekerjaan Balok (40 x 80) cm	116.480	m'	Rp 3,530,447.36	Rp 411,226,508.49	
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 45) cm	46.740	m'	Rp 1,241,172.90	Rp 58,012,421.35	
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 70) cm	23.680	m'	Rp 1,930,713.40	Rp 45,719,293.31	
3	Pekerjaan Lantai					
	Pekerjaan Pelat Lantai (Mutu K-324)	59.380	m ³	Rp 1,236,078.65	Rp 73,398,350.24	
Total Harga Pekerjaan Struktur Lantai 2					Rp1,575,945,834.06	
C	Pekerjaan Struktur Lantai 3					
1	Pekerjaan Kolom					
	Pekerjaan Kolom Utama (40 x 70)	100.000	m'	Rp 3,183,499.57	Rp 318,349,957.02	
	Pekerjaan Kolom Praktis (15 x 15)	8.000	m'	Rp 255,816.93	Rp 2,046,535.44	
2	Pekerjaan Balok					
	Pekerjaan Balok (35 x 80) cm	190.650	m'	Rp 3,089,141.44	Rp 588,944,815.54	
	Pekerjaan Balok (40 x 80) cm	145.100	m'	Rp 3,530,447.36	Rp 512,267,911.94	
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 45) cm	46.740	m'	Rp 1,241,172.90	Rp 58,012,421.35	
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 70) cm	23.300	m'	Rp 1,930,713.40	Rp 44,985,622.22	
3	Pekerjaan Lantai					
	Pekerjaan Pelat Lantai (Mutu K-324)	57.910	m ³	Rp 1,236,078.65	Rp 71,581,314.62	
Total Harga Pekerjaan Struktur Lantai 3					Rp1,596,188,578.12	
D	Pekerjaan Struktur Lantai 4					
1	Pekerjaan Kolom					
	Pekerjaan Kolom Utama (40 x 70)	28.000	m'	Rp 3,183,499.57	Rp 89,137,987.97	
	Pekerjaan Kolom Praktis (15 x 15)	8.000	m'	Rp 255,816.93	Rp 2,046,535.44	
2	Pekerjaan Balok					
	Pekerjaan Balok (35 x 80) cm	194.290	m'	Rp 3,089,141.44	Rp 600,189,290.38	

BILL OF QUANTITY					
No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	BOQ
	Pekerjaan Balok (40 x 80) cm	147.500	m'	Rp 3,530,447.36	Rp 520,740,985.60
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 45) cm	46.740	m'	Rp 1,241,172.90	Rp 58,012,421.35
	Pekerjaan Balok List Plank (25 x 70) cm	23.300	m'	Rp 1,930,713.40	Rp 44,985,622.22
3	Pekerjaan Lantai				
	Pekerjaan Pelat Lantai (Mutu K-324)	51.310	m ³	Rp 1,236,078.65	Rp 63,423,195.53
Total Harga Pekerjaan Struktur Lantai 4					Rp1,378,536,038.48
E	Pekerjaan Struktur Lantai 4				
1	Pekerjaan Kolom				
	Pekerjaan Kolom Utama (40 x 70)	10.700	m'	Rp 3,183,499.57	Rp 34,063,445.40
2	Pekerjaan Balok				
	Pekerjaan Balok (30 x 60) cm	12.100	m'	Rp 3,089,141.44	Rp 37,378,611.42
	Pekerjaan Balok (40 x 80) cm	69.940	m'	Rp 3,530,447.36	Rp 246,919,488.36
Total Harga Pekerjaan Struktur Lantai 4					Rp 318,361,545.18

Dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa setiap lantainya memiliki volume struktur yang berbeda sehingga mempengaruhi harga Bill Of Quantity yang juga berbeda setiap lantainya. Berikut adalah rekap Bill Of Quantity disetiap lantainya :

Tabel 6. Rekap BOQ

Rekapitulasi Bill Of Quantity		
No	Item Pekerjaan	BOQ
A	Pekerjaan Struktur Lantai 1	Rp 981,560,462.47
B	Pekerjaan Struktur Lantai 2	Rp 1,575,945,834.06
C	Pekerjaan Struktur Lantai 3	Rp 1,596,188,578.12
D	Pekerjaan Struktur Lantai 4	Rp 1,378,536,038.48
E	Pekerjaan Struktur Lantai 4	Rp 318,361,545.18
Total Bill Of Quantity		Rp 5,850,592,458.31
Dibulatkan		Rp 5,850,593,000.00

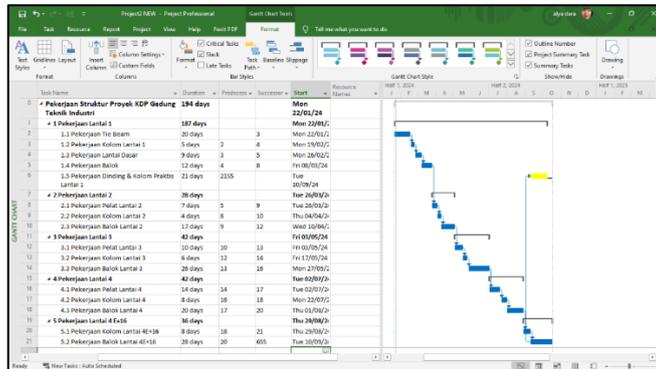
Dari **Tabel 6** dapat diketahui estimasi biaya total pembangunan struktur Proyek X adalah sebesar Rp 5,850,593,000.00.

3.5. Mengintegrasikan Model dan Schedule

3.5.1. Membuat Penjadwalan dengan Software Ms.Project

Pada tahap ini model yang telah dibuat menggunakan software Autodesk Revit diintegrasikan atau dihubungkan dengan penjadwalan berdasarkan schedule rencana proyek. Hal ini bertujuan untuk melihat progres proyek dalam kurun waktu tertentu. Pada

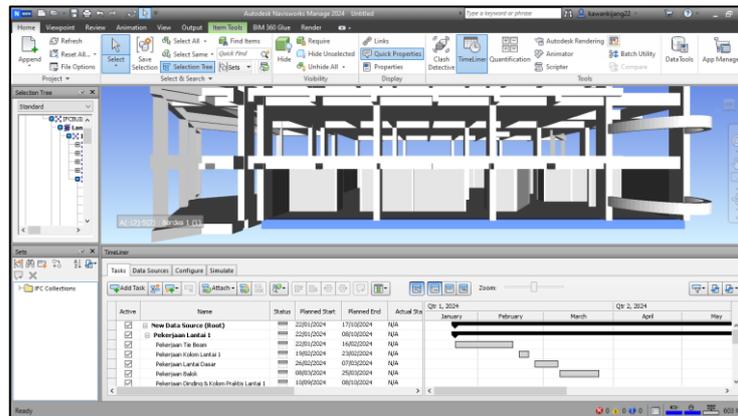
tahap ini menggunakan bantuan software Ms.Project lalu dihubungkan dengan software Navisworks.



Gambar 3. Tampilan gantt chart pada software Ms.Project

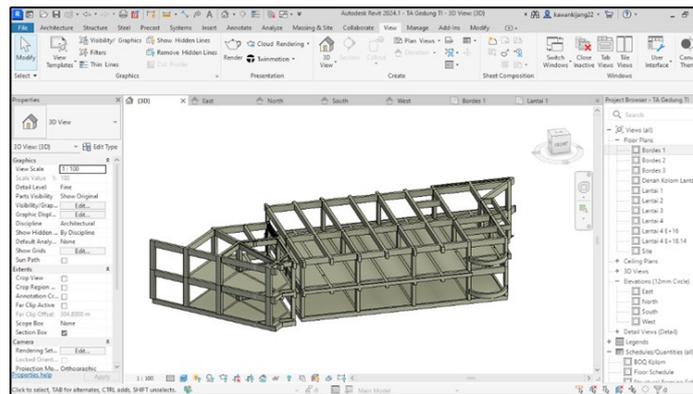
3.5.2. Menghubungkan Software Ms.Project dengan Software Navisworks

Setelah penjadwalan dibuat menggunakan software Ms.Project, selanjutnya dilihat schedule rencana proyek dan disesuaikan dengan model yang terealisasi. Penghubungan atau pengintegrasian model dengan penjadwalan dapat dilakukan dengan menggunakan software Navisworks (Gambar 4).



Gambar 4. Tampilan model dan penjadwalan pada software Navisworks

Selanjutnya model pada software Revit disesuaikan dengan hasil pengintegrasian model dan penjadwalan pada software Navisworks agar file dapat kita ekspor dalam bentuk file format IFC (Tabel 5).



Gambar 5. Visualisasi tahapan proses pembangunan

3.6. Menampilkan Item Pekerjaan dalam Bentuk Augmented Reality (AR)

Setelah semua pemodelan selesai dibuat, model tersebut akan digabungkan secara realtime ke dunia nyata dengan cara mengekspor file revit dalam bentuk file IFC dan menggunakan bantuan software Gamma AR untuk menampilkan pemodelan secara Augmented Reality (AR).

Pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa penggunaan teknologi Augmented Reality dapat digunakan pada pengawasan proyek mengecek posisi atau jarak item pekerjaan yang telah selesai dikerjakan.



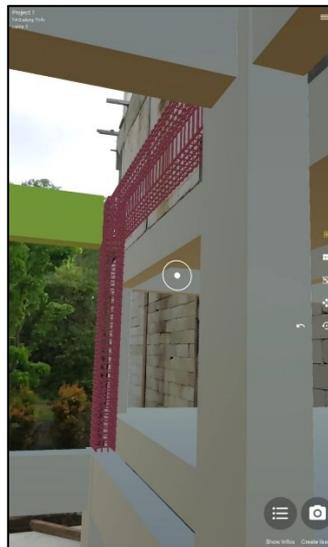
Gambar 6. Hasil percobaan model struktur bangunan pada lantai 1

Pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa penggunaan teknologi Augmented Reality dapat digunakan pada pengawasan proyek untuk melihat item pekerjaan atau model bangunan yang akan dikerjakan.



Gambar 7. Hasil percobaan model struktur bangunan pada bagian yang belum selesai

Pada **Gambar 8** dapat dilihat bahwa penggunaan teknologi Augmented Reality dapat digunakan pada pengawasan proyek untuk melihat spesifikasi item pekerjaan yang akan dikerjakan di lapangan. Contohnya visualisasi secara realtime pekerjaan pembesian pada kolom dan balok.



Gambar 8. Hasil percobaan model struktur bangunan pada bagian pembesian kolom dan balok

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penelitian dan pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa item pekerjaan struktur seperti tie beam, kolom, balok, ring balok, dan pelat lantai serta dinding dari bangunan Proyek X dapat dimodelkan menggunakan software Autodesk Revit dan didemonstrasikan secara realtime dengan menggunakan software Gamma AR. Berdasarkan hasil penelitian, pengawasan proyek dapat dilakukan dengan menggunakan

inovasi kolaborasi teknologi, diantaranya teknologi Building Information Modelling (BIM) dengan teknologi Augmented Reality (AR). Perhitungan volume menggunakan output Material Take-Off pada software Autodesk Revit lalu dikalikan dengan HSP Kota Padang, sehingga didapatkan etimasi biaya proyek sebesar Rp 5.850.593.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir. (2011). Peranan Google Sketchup dan Autodesk Revit Architectire Terhadap Pendidikan Arsitektur. *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JSRDD)*.
- Azhar, S. (2011). Trends, Benefits, Risk and Challenges for the AEC Industry. *Building Information Modelling (BIM)*, 11.
- Brude, B. d. (2019). MENGEKSPLORASI PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING. (C. F. Mieslenna, Penyunt.) 16.
- Cinar, O. d. (2017). Faktor-faktor penentu keberhasilan dalam implementasi BIM di negara-negara berkembang. 16.
- Gegana, 2. (2015). Pemodelan Gedung Menggunakan Software Autodesk Revit. *Dinamika Teknik Sipil*, 15, 10.
- Hardin. (2009). Analisis Komparasi Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Berdasarkan Metode SPMI Dan BIM. *RAB Contruaction Research*, 16.
- Kharimah, M. I., & Hidayat, B. (2023). Pemodelan 3D Jembatan Lengkung, Studi Kasus Jembatan Bukit Sulap, Menggunakan Software Autodesk Revit . *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 1(3), 133–140. <https://doi.org/10.25077/jbkd.1.3.133-140.2023>
- Kementrian PUPR. (2018). Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM Dan Implementasinya. BIM.
- Laeppele, J. d. (2019). MENGEKSPLORASI PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING. 16.
- Laval, S. a. (2003). A Pilot Study of the Effectiveness of Augmented Reality. *J Sci Educ Technol*, 19.
- Ronald Azuma. (1997). Implementasi AR Dengan Metode Marker dan Markerless.
- Zulkarnaen, R. (2010). Perancangan Aplikasi Viewr Model 3D Interaktif Berbasis Web dengan Teknologi Augmented Reality. 5.