

Penggunaan BIM Untuk Upaya Penurunan Embodied Carbon pada Pekerjaan Pembetonan Struktur

Rahmat Nur^{1*}, Risma Apdeni²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Kota Padang,

*Email: rahmatnur0104@gmail.com

Abstrak

Praktik konstruksi konvensional menghasilkan sekitar 37% emisi gas rumah kaca dunia. Beton menjadi kontributor terbesar karena embodied carbon tinggi pada produksi semen. Proyek pembangunan gedung kuliah D FT UNP belum mengintegrasikan perencanaan penurunan jejak karbon. Penelitian ini mengimplementasikan Building Information Modeling dimensi ke-6 (BIM 6D) dengan fokus pada aspek *sustainability*. Penelitian memodelkan, menganalisis, dan membandingkan kuantitas *embodied carbon* pada pekerjaan beton struktur atas. Analisis membandingkan kondisi eksisting dengan optimasi material ramah lingkungan. Penelitian dimulai dengan membuat model 3D struktur memakai Autodesk Revit. Model itu menghasilkan volume beton yang akurat secara otomatis lewat fungsi *material take off* yang terhubung ke plugin Carbo Life Calculator. Plugin menghitung *embodied carbon* memakai koefisien dari *Inventory of Carbon and Energy (ICE) Database*. Analisis *embodied carbon* dilakukan dengan tiga skenario. Skenario pertama menggunakan kondisi eksisting, yaitu beton normal. Skenario kedua mengganti sebagian semen dengan *fly ash* 15 %. Skenario ketiga mengganti semen dengan *fly ash* 25 %. Hasilnya menunjukkan bahwa BIM 6D dapat menampilkan perhitungan visual emisi karbon secara instan dan akurat. Penggunaan aplikasi revit dapat meningkatkan efisiensi terutama dalam proses perancangan

Kata Kunci: Building Information Modeling (BIM) 6D, *Embodied Carbon*, *Green Concrete*, *Fly Ash*, Autodesk Revit.

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan mana pun di sektor publik, komersial, atau nirlaba .

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing, penguji yang telah membimbing dan member saran terkait penelitian, serta orang tua dan teman-teman yang memberikan dukungan dan bantuan mulai dari awal penelitian hingga ke tahap penelitian selesai dilakukan.

Etika Publikasi

Penelitian ini telah memperoleh izin dari pihak pelaksana proyek yang bertanggung jawab pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah D FT UNP'.

Penyataan AI

Struktur tata bahasa artikel ini diperbaiki dengan menggunakan ChatGPT, dan para penulis telah memeriksa kembali keakuratan dan kebenaran kalimat yang dihasilkan sesuai dengan

topik dan data penelitian ini. Penggunaan bahasa dalam artikel ini telah diverifikasi dan divalidasi oleh ahli bahasa Inggris, dan tidak ada kalimat yang dihasilkan oleh AI yang termasuk dalam artikel ini.

1. Pendahuluan

Praktik konstruksi konvensional menghasilkan 37% emisi global [1], salah satu penyumbang utama adalah material beton yang menghasilkan embodied carbon (emisi karbon tertahan) yang tinggi. Pemerintah menargetkan penurunan embodied carbon sebesar 31,89% secara mandiri [2]. Peraturan Menteri PUPR No. 21 Tahun 2021 mewajibkan perhitungan minimalisasi emisi sejak perencanaan untuk mencapai standar LETI dibawah di bawah 380 kgCO₂e/m² [3]. Sebagai solusi, konsep Green Construction mendorong penggunaan material ramah lingkungan, misalnya green concrete, dengan mengganti sebagian semen. Dengan limbah industri pozzolanik, misalnya fly ash [4], kita dapat mengurangi jejak karbon. Namun, upaya menurunkan embodied carbon sering terhalang karena data material tidak transparan dan keputusan desain terlambat [1].

Teknologi Building Information Modeling (BIM) dimensi keenam, atau BIM 6D, hadir sebagai solusi dalam upaya penurunan embodied carbon. BIM 6D menghubungkan volume material secara otomatis ke basis data faktor emisi. Dengan begitu, simulasi keberlanjutan dapat dilakukan sejak tahap awal desain [5]. Sayangnya, BIM untuk perhitungan karbon di Indonesia masih baru dan belum ada standar nasional [6].

Pada tingkat institusi, Universitas Negeri Padang (UNP) berkomitmen aktif dalam pemeringkatan UI GreenMetric World University Rankings. UNP ingin wujudkan visi universitas kelas dunia yang berkelanjutan [7]. Namun, pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Teknik UNP, UNP belum mengoptimalkan perencanaan dan pelaksanaan reduksi embodied carbon secara terstruktur. Kesenjangan ini menjadi alasan penelitian dalam upaya penurunan embodied carbon berbasis BIM yang menggunakan perangkat lunak revit 2024. Penelitian ini ingin menerapkan dimensi ke-6 BIM (sustainability) pada struktur atas gedung kuliah itu. Peneliti berharap hasilnya dapat memberi model praktis bagi profesional konstruksi. Model itu membantu profesional konstruksi memakai teknologi BIM sebagai alat yang efektif. Dengan begitu, profesional konstruksi dapat mencapai target gedung hijau dan mendukung komitmen dekarbonisasi nasional.

2. Metode dan Bahan

Penelitian ini dirancang sebagai studi eksperimental-simulatif berbasis BIM 6D menggunakan perangkat lunak revit. Tahapan pelaksanaan penelitian dibagi secara kronologis menjadi empat langkah utama:

1. Pengumpulan data proyek: data sekunder berupa gambar detailed engineering design (DED), dokumen approval material struktur atas, dan spesifikasi teknis gedung kuliah D FT UNP.
2. Pemodelan 3D struktur & validasi volume: pemodelan dilakukan menggunakan autodesk revit 2024. Pemeriksaan bentrokan geometri diverifikasi melalui interference check untuk mendeteksi clash dan pemodelan divalidasi secara langsung oleh staf engineer pelaksana proyek.
3. Analisis perhitungan embodied carbon (BIM 6D): Integrasi model 3D dilakukan dengan plugin carbo life calculator (CLC) menggunakan acuan *inventory of carbon and energy* (ICE) Database dengan batasan ruang lingkup *cradle-to-gate* (Tahap A1-A3).

4. Simulasi skenario alternatif: evaluasi dilakukan pada tiga skenario bauran beton, yakni kondisi eksisting (100% semen), skenario optimasi 1 (substitusi *fly ash* 15%), dan skenario optimasi 2 (substitusi *fly ash* 25%)

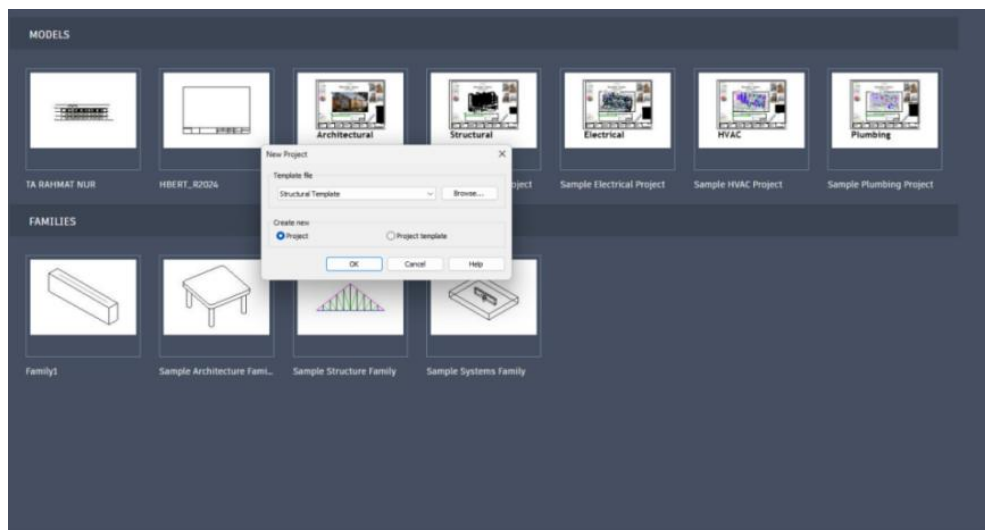
Hasil akhir penelitian berupa model 3D terintegrasi, hasil QTO dan hasil simulasi perhitungan embodied carbon yang kemudian dilakukan substitusi material semen dengan material *fly ash* agar terjadi penurunan nilai embodied carbon pada bangunan

3. Hasil dan Pembahasan

A. Pemodelan 3D Struktur Atas

1. Project setup

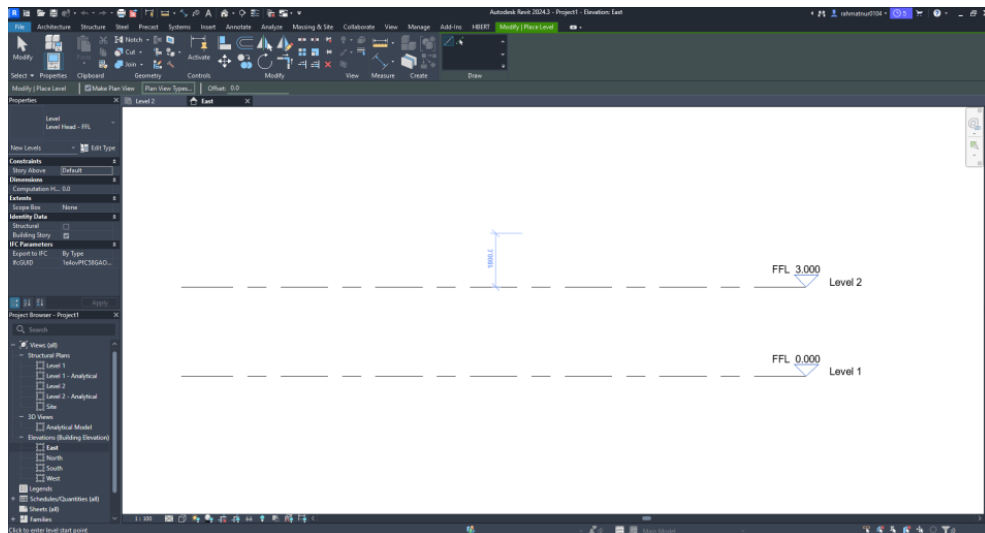
Langkah awal dalam pemodelan adalah melakukan klik kanan pada ikon revit 2024 yang terdapat pada *desktop*, kemudian klik *menu new project* dan pilih *project template metric structural*. Setelah masuk ke tampilan 2D, langkah selanjutnya adalah mengatur unit dan satuan yang digunakan dalam mendesain project dan tampilan 2D yang akan digunakan dalam proyek, dengan cara menekan U dan N secara bersamaan, kemudian akan keluar tampilan seperti pada gambar.



Gambar 1. Tampilan *Project Template Metric Structural*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

2. Membuat acuan level

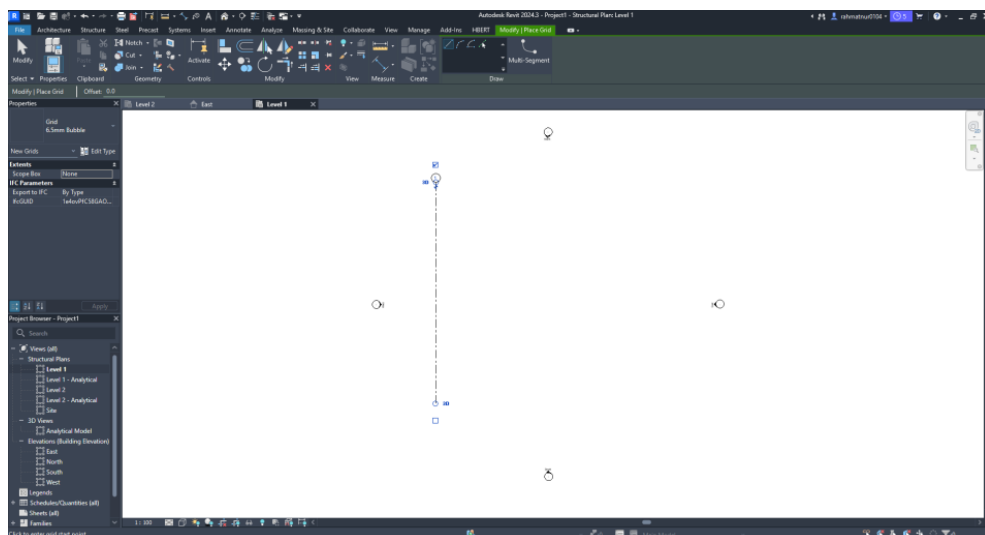
Acuan level untuk menentukan tinggi elevasi bangunan pada revit ditentukan sesuai arah mata angin, untuk membuat acuan level terdapat pada *project browser* terdapat *view elevation* dan pilih salah satu arah mata angin yang digunakan misalnya *east*. Gunakan perintah LL untuk menambah level baru dan sesuaikan tinggi elevasi tiap lantai, atau pilih tab *Structure*, kemudian pilih *toolbar level*. Secara otomatis dibagian kiri layar akan muncul tabel Properties yang berfungsi untuk mengatur level sesuai keinginan. Adapun tampilannya adalah seperti pada Gambar berikut ini.



Gambar 2. Tampilan Level pada Revit
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

3. Membuat grid pada tampilan 2D

Grid adalah suatu garis dengan ukuran jarak yang telah ditentukan yang digunakan untuk memberi acuan guna memudahkan dalam proses pemodelan. Untuk membuat grid pada pemodelan di Revit dilakukan dengan cara klik grid pada *tab structure*. Kemudian klik line pada *tab modify/place grid* dan grid dibuat sesuai dengan gambar yang digunakan.



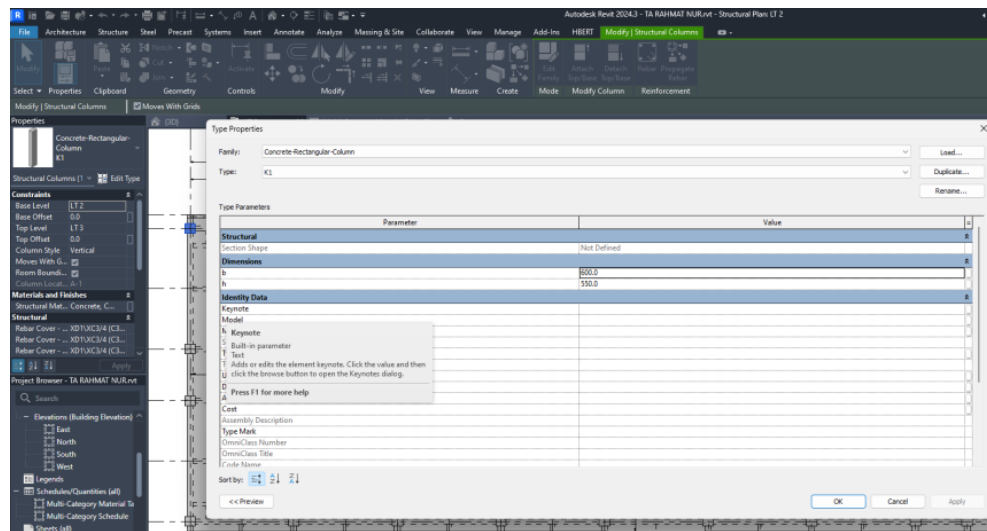
Gambar 3. Tampilan Garis Grid pada Revit
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

4. Membuat elemen struktur

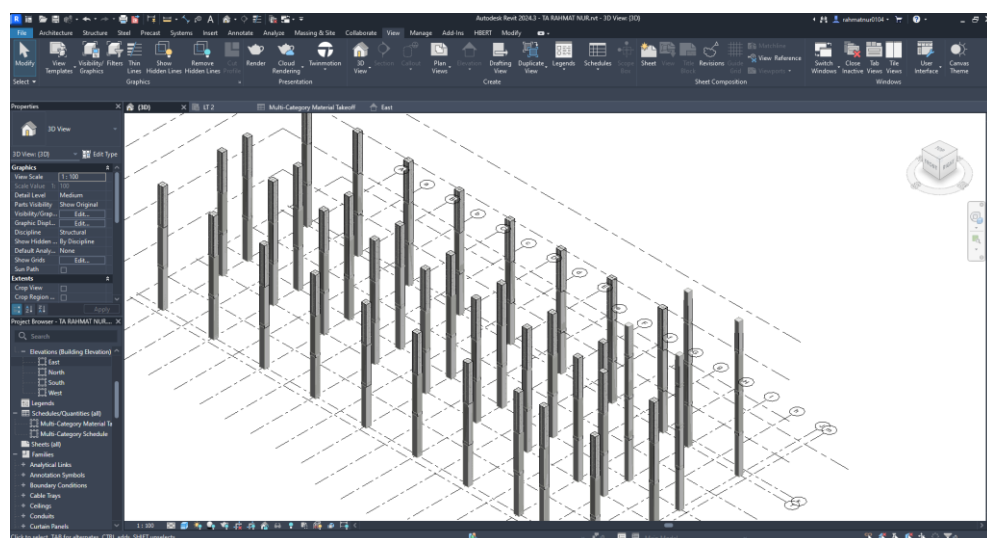
a. Kolom

Untuk memodelkan kolom pilih menu *column* pada *tab structure*. Setelah itu akan muncul *tab properties* pada bagian kiri layar yang digunakan untuk menentukan jenis dan tipe kolom yang akan digunakan. Pada *tab properties* akan muncul menu *column* yang secara default sudah ada, kemudian untuk menentukan *type column* yang akan digunakan pilih *load family* pada

taskbar bagian atas, kemudian pilih folder *structural coulumn* dan pilih jenis kolom yang akan digunakan. Setelah itu ubah ukuran kolom sesuai data yang digunakan dengan cara pilih *edit type* pada *menu properties*.



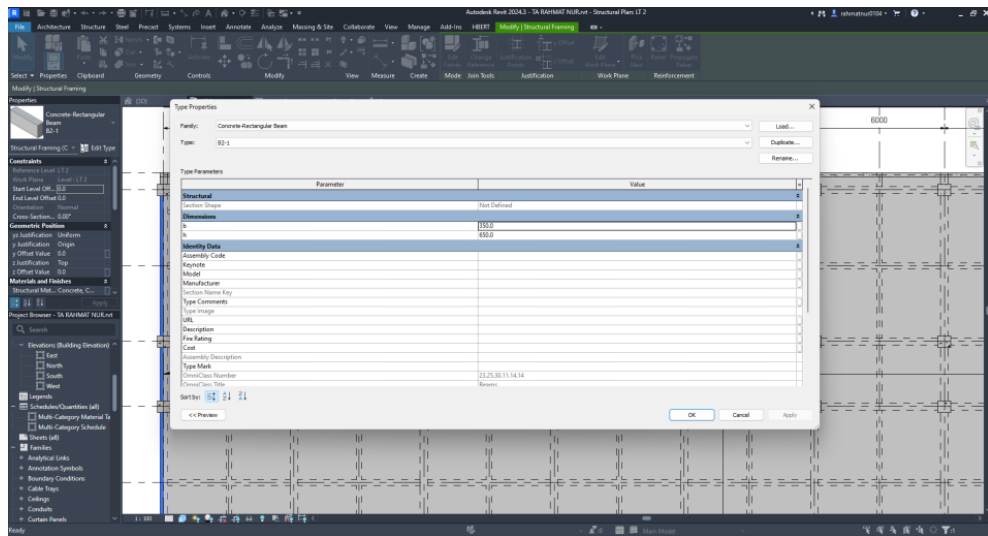
Gambar 4. Tampilan Properties Kolom
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)



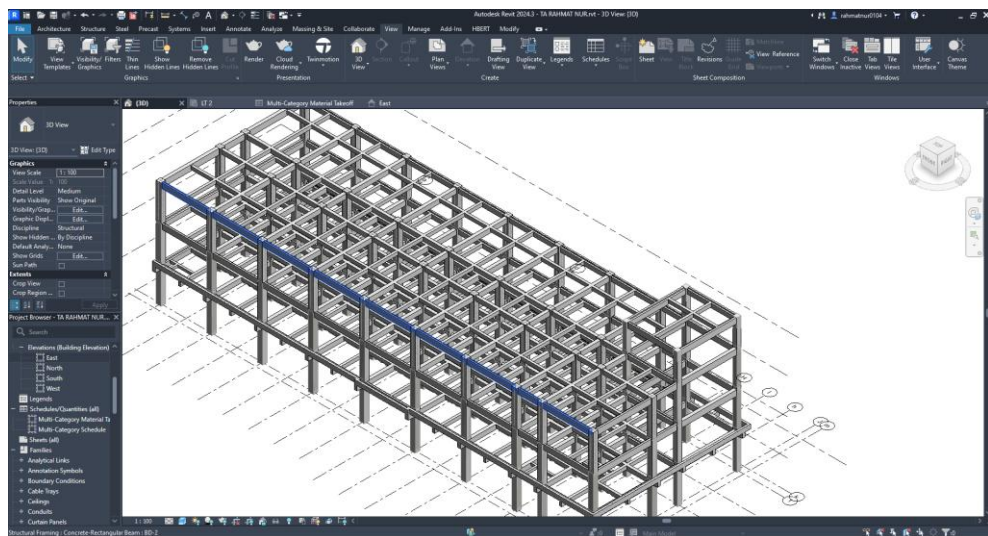
Gambar 5. Tampilan Kolom
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

b. Balok

Setelah menentukan tipe kolom tahapan selanjutnya yaitu menentukan tipe balok yang akan digunakan yaitu dengan cara klik *tab stucture* dan pilih *menu beam*, kemudian pilih *load family* pada taksbar dan pilih jenis balok yang akan digunakan pada folder *structural framing*. Setelah itu tentukan dimensi balok sesuai dengan gambar rencana yang ada.



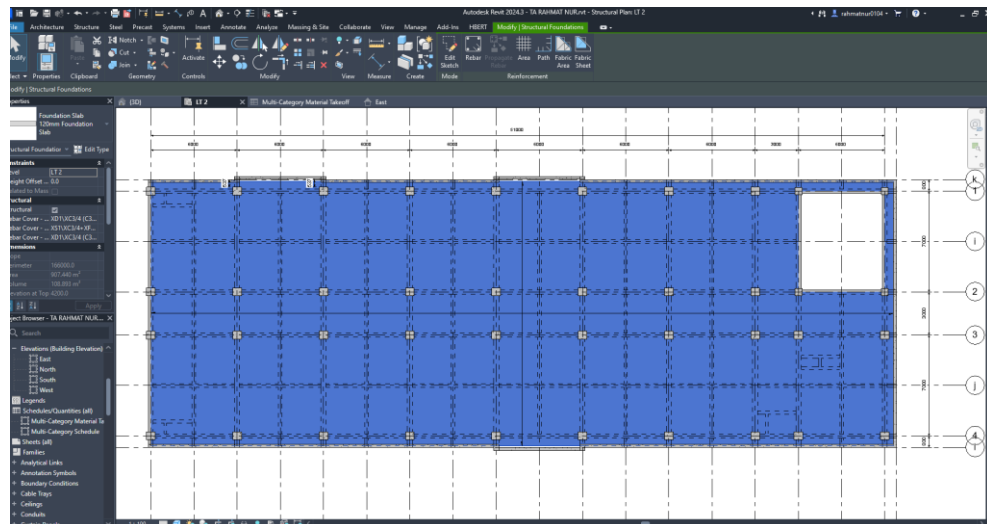
Gambar 6. Tampilan Properties Balok
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)



Gambar 7. Tampilan Balok
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

c. Pelat

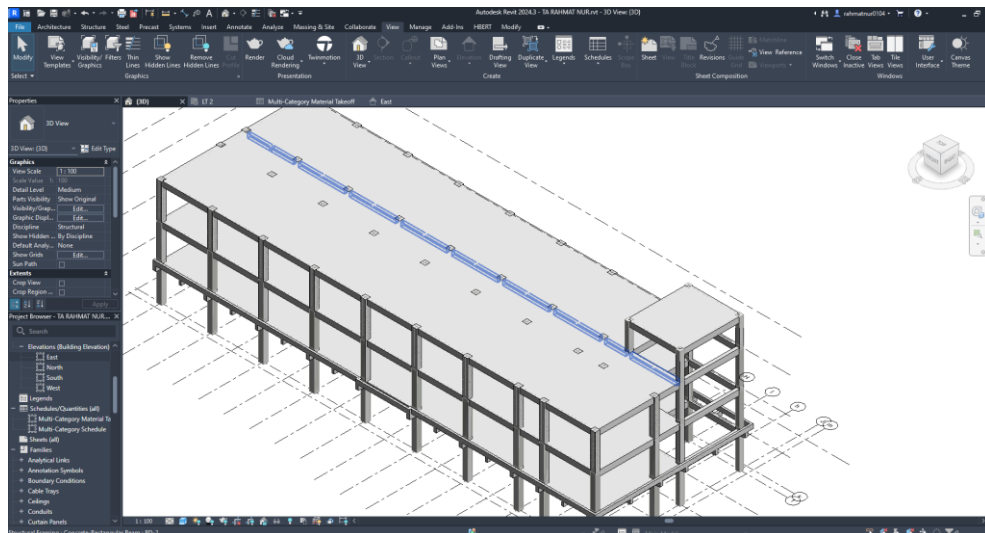
Berbeda dengan kolom dan balok proses pemodelan pelat lantai tidak melakukan *insert* dari *load family*. Jenis pelat lantai struktur yang digunakan didapat dari *system family* atau pelat default dari revit. Proses pemodelan pelat lantai dimulai pada *tab structure* dengan memilih *floor structural* pada taksbar. Kemudian akan muncul *template family* pada properti dan gunakan adalah *Generic 12"* yang kemudian diduplikat. Setelah melakukan duplikat, dilakukan pembuatan pelat lantai berdasarkan data, yaitu tebal pelat 12 cm. Pemodelan plat dibuat dengan menggambar luasan plat yang direncanakan.



Gambar 8. Tampilan Pelat Lantai
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

5. Menampilkan model 3D struktur

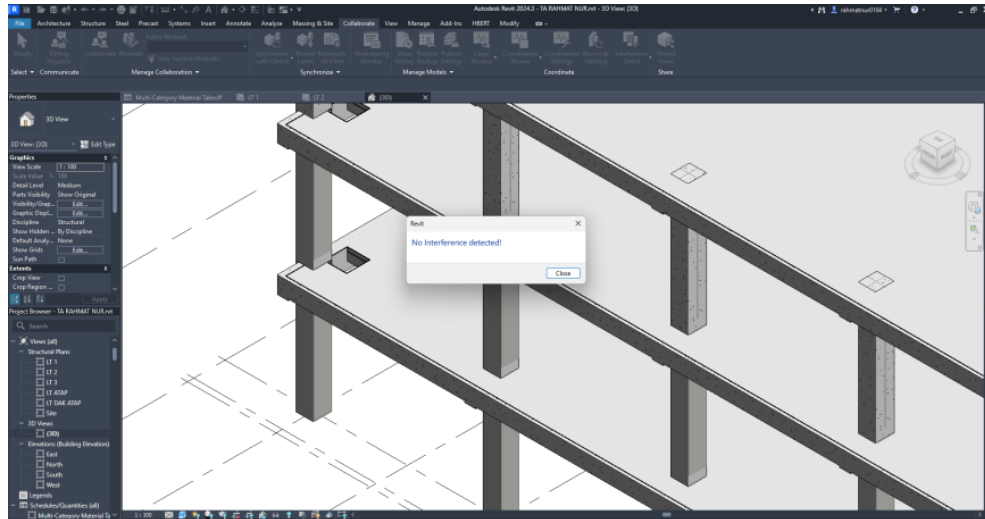
Setelah semua elemen struktur selesai dibuat, kita dapat menampilkan model 3D struktur untuk memberikan visualisasi yang mendetail dengan memilih *view 3D* pada *project browser*.



Gambar 9. Tampilan 3D Bangunan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

6. Clash detection

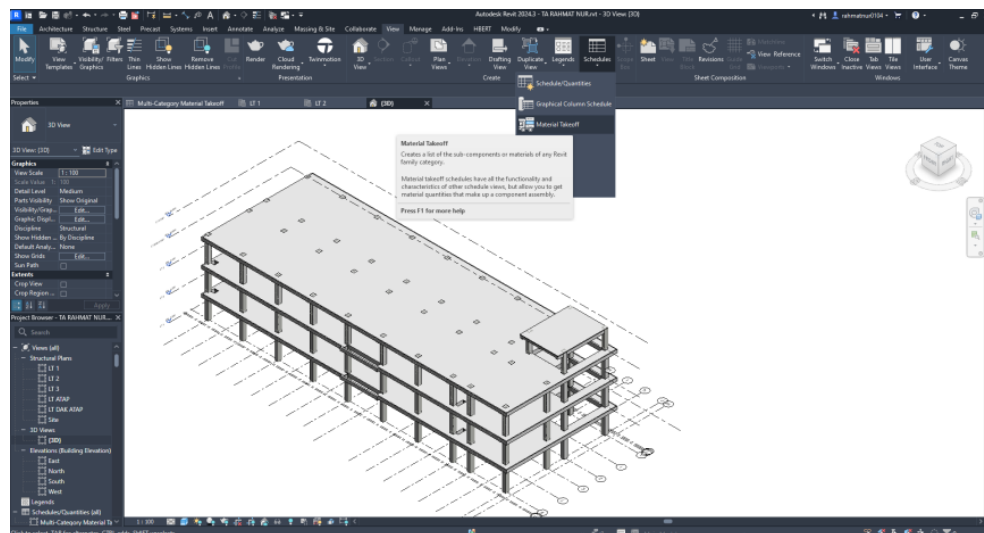
Pada revit terdapat fasilitas untuk melakukan *clash detection* atau pengecekan elemen. *Interference check* pada revit dilakukan agar mencegah terjadinya *false positive* yakni clash yang terjadi akibat kesalahan pada saat memodelkan bangunan. *Interference check* dilakukan setelah pemodelan struktur selesai dibuat. Pilih menu *interference check* pada tab *collaborate* dan pilih kategori yang akan di cek. Pada revit *interference check* elemen struktur dengan struktur tidak ditemukan clash.



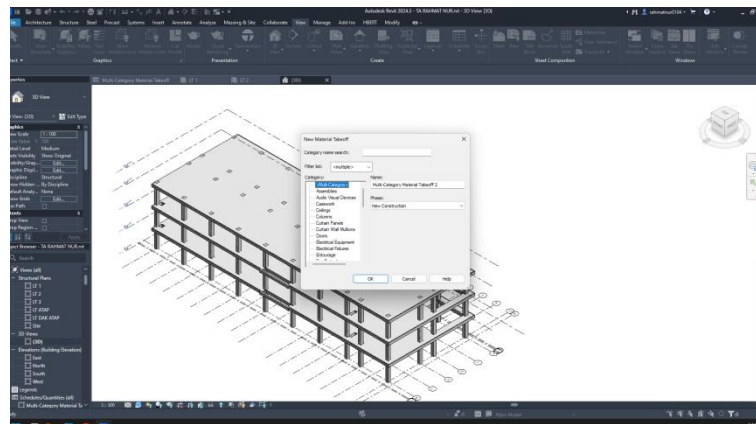
Gambar 10. Hasil *Interference Check*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

B. Volume Material

Dalam proses QTO material untuk sebuah proyek konstruksi, *output* yang dihasilkan dari revit 2024 dan mencakup informasi volume beton yang dibutuhkan untuk elemen-elemen seperti sloof, kolom, balok, dan ring balok. Data volume beton ini dapat disajikan dalam bentuk *schedule quantities* di revit dengan cara mengambil *menu schedule* pada *tab view* dan memilih elemen yang akan dikeluarkan volumenya dan diekspor ke excel untuk dikalkulasikan. Langkah awal untuk menampilkan QTO terdapat pada menu *schedule* pada *tab view* dan pilih *material take off* dan pilih kategori elemen yang akan di tampilkan

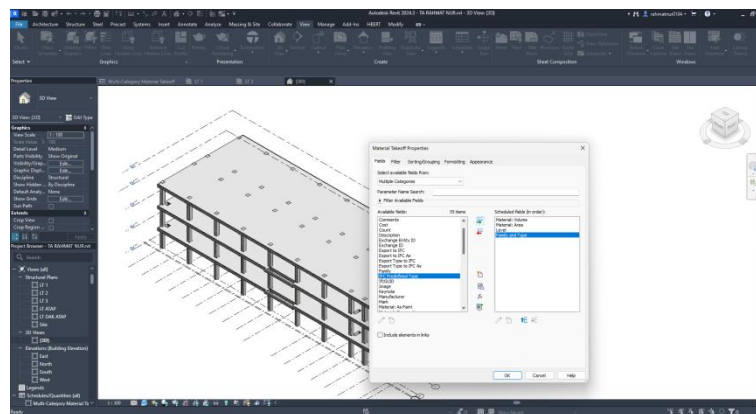


Gambar 11. Tampilan *Menu Schedule* pada *Tab View*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

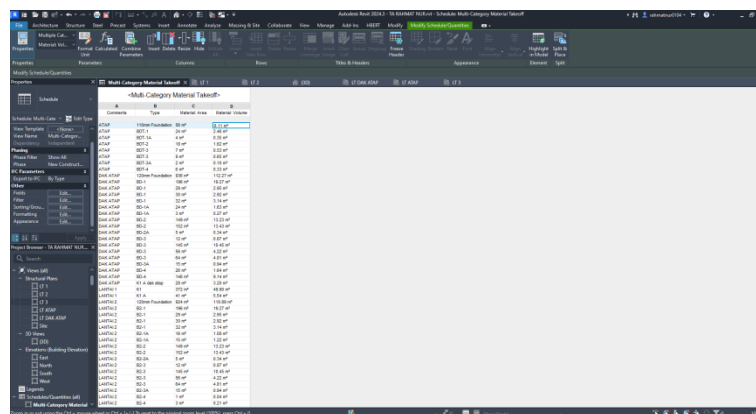


Gambar 12. Tampilan Kategori pada Menu Schedule
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Setelah dilakukan pemilihan elemen struktur, langkah selanjutnya adalah memilih parameter yang akan ditampilkan, seperti *mark*, panjang, keliling, luas, tinggi, dan volume. *Output* yang diperoleh akan dilakukan rekapitulasi berdasarkan nama dari masing-masing elemen struktur.



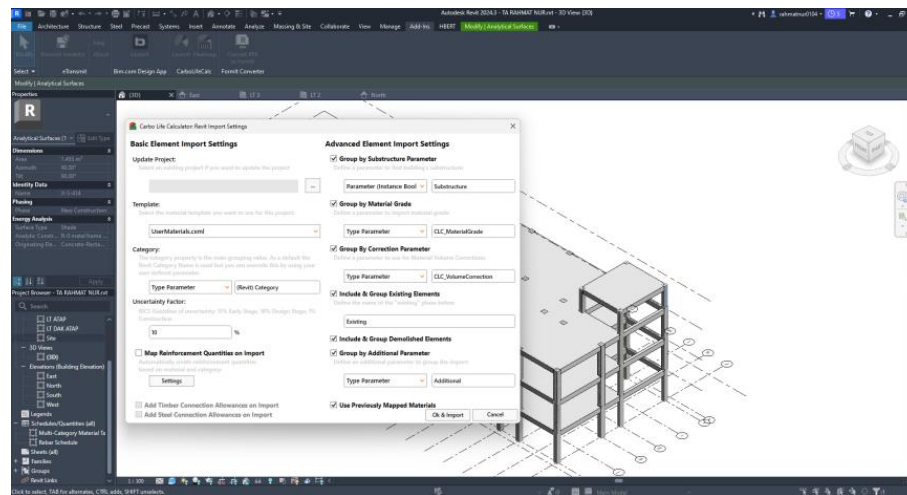
Gambar 13. Tampilan Parameter pada *Schedule*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 14. Rekapitulasi *Material Take Off*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

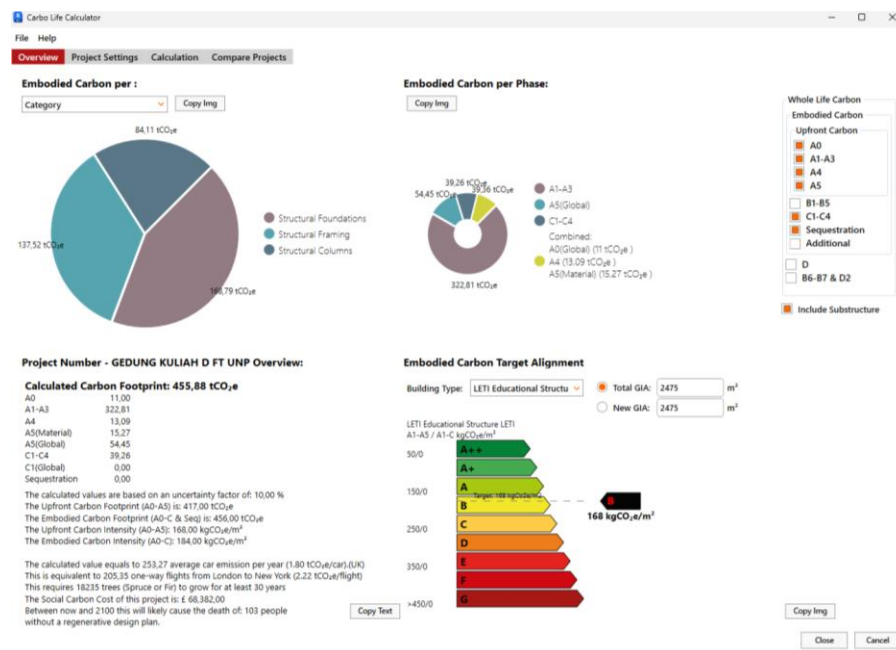
C. Pemodelan *Embodied Carbon* Gedung Kuliah D FT UNP menggunakan CLC

Pemodelan *embodied carbon* dapat langsung dilakukan dalam aplikasi revit dengan tambahan aplikasi CLC. Langkah awal perhitungan dimulai pada tab *add-ins* lalu pilih *menu launch*, Setelah tampilan aplikasi CLC keluar, pilih template yang tersedia dan parameter yang digunakan, hasil perhitungan akan langsung keluar secara otomatis beserta penilaian tingkat karbon bangunan.



Gambar 15. Tampilan Menu Carbo Life Caculator

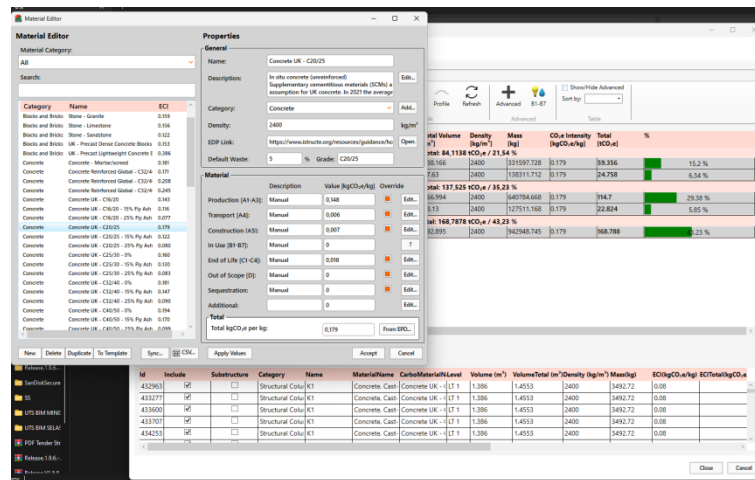
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



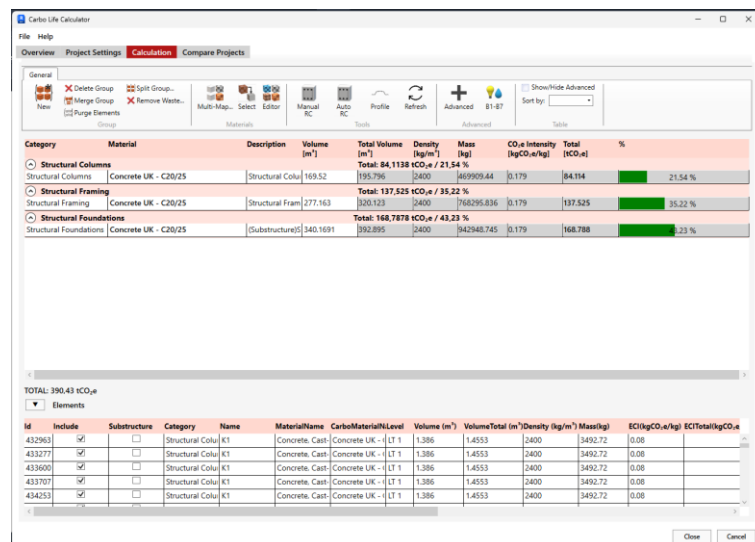
Gambar 16. Tampilan Hasil Carbo Life Caculator

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Proses pengimputan material dilakukan pada *tab calculation* pada *menu material editor*, material yang di inputkan disesuaikan dengan apa yang telah direncanakan sebelumnya yaitu material beton dengan campuran *fly ash*



Gambar 17. Tampilan Material Editor
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 18. Tampilan Tab Calculation
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Hasil analisis *embodied carbon* dihitung berdasarkan masa dari item pekerjaan yang didapat melalui perhitungan volume, masa setiap item pekerjaan akan dikali dengan koefisien carbon. total *embodied carbon* yang dihasilkan bangunan sebanyak 390,43 tCO₂e dan mendapatkan peringkat B pada *carbon target alignment* dengan rata-rata *carbon* 168 kgCO₂e/m²

4. Kesimpulan

1. Pemodelan 3D struktur atas (kolom, balok, pelat lantai) memakai Autodesk Revit 2024 menghasilkan *quantity take-off* yang akurat. Fitur *Clash Detection* memeriksa tiap elemen, memastikan tidak ada tumpang tindih geometri, sehingga mengurangi resiko *double counting*.
2. Kuantifikasi nilai embodied carbon pada kondisi eksisting bangunan untuk pekerjaan beton struktur atas adalah sebesar 390,427 tCO₂e dan ,memperoleh nilai intensitas emisi spesifik sebesar 168 kgCO₂/m². Berdasarkan standar *embodied carbon target alignment* LETI 2020, capaian bangunan eksisting ini diklasifikasikan ke dalam peringkat B, yang

menandakan bahwa desain awal gedung masih berbasis konstruksi konvensional dan memerlukan upaya dekarbonisasi

3. Simulasi optimasi dengan pendekatan BIM 6D dan plugin *carbo life calculator* (CLC) menunjukkan fisensi dalam penhitungan *embodied carbon* pada bangunan dan penerapan simulasi dengan material ramah lingkungan (*green material*) dapat mengurangi emisi sebaiknya dilakukan pada tahapan perencanaan agar mencapai keuntungan maksimal.

Referensi

- [1] UNEP. (2022). The 2022 Global Status Report for Buildings and Construction; UN Environment Programme. In *Encyclopedia of Sustainable Management*.
- [2] Green Building Council Indonesia. (2025). *GREENSHIP Homes 2.0 Pilot. Standard rating tools for Sustainable Homes in Indonesia*. GBCIndonesia.org.
- [3] LETI. (2020). *LETI Embodied Carbon Primer*. 1–144.
- [4] Harashta. (2025). Penggunaan Beton Ramah Lingkungan Terhadap Kekuatan Dan Ketahanan Struktur Bangunan. *JITESNA: Jurnal Ilmu Teknik Sipil Indonesia*, 1(1), 25–30.
- [5] Novra, I. F., & Sucita, I. K. (2024). Implementasi Bim Terhadap Pembuatan Boq Pada Proyek Wastewater Treatment Plant. *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 6(1), 152–159.
- [6] Latupeirissa, J. E., Arrang, H., & Wong, I. L. K. (2024). The Challenges of Implementing Building Information Modeling in Indonesia Construction Projects. *Engineering and Technology Journal*, 09(04), 3863–3871.
- [7] Universitas Negeri Padang. (2024). *Tim UI Green Metric UNP Laporkan Hasil Kajian dan Blueprint Kepada Rektor*. <https://unp.ac.id/news/28-12-2024/tim-ui-green-metric-unp-laporkan-hasil-kajian-dan-blueprint-kepada-rektor>