

## MODEL PERANCANGAN PEMELIHARAAN BANGUNAN GEDUNG MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

### *Model of Building Maintenance Planning Using The Building Information Modeling (BIM)*

Jojob Widodo Soetjipto<sup>1</sup>, Ilham Kahfi Zarkasi<sup>2</sup>, Anita Trisiana<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37 Jember, 68121  
Surel: <sup>1</sup>jojob.teknik@unej.ac.id, <sup>2</sup>kzarkasi78@gmail.com, <sup>3</sup>anita.teknikunej@gmail.com

Diterima : 29 Januari 2023;

Disetujui : 5 April 2023

#### **Abstrak**

*Pemeliharaan gedung sangat diperlukan untuk operasional gedung tersebut dalam rangka menjaga keandalan dan kinerja bangunan agar sesuai dengan umur ekonominya. Banyak bangunan gedung yang pemeliharaannya sangat buruk dari segi teknis, administratif, maupun ketersediaan anggarannya sehingga diperlukan model perancangan pemeliharaan yang tepat sesuai kebutuhan operasional bangunan tersebut. Disisi lain perkembangan teknologi informasi digital semakin cepat dan luas penggunaannya. Salah satunya adalah Building Information Modeling (BIM) yang seluruh proses aktivitasnya bekerja secara kolaboratif dan integratif. Oleh karena itu, rancangan model ini bertujuan untuk menyusun model perancangan pemeliharaan bangunan gedung yang tepat menggunakan BIM. Metode yang digunakan adalah menerapkan standar pemeliharaan bangunan gedung di Indonesia (Permen PU No. 24/PRT/M/2008) pada aplikasi pendukung BIM yaitu Autodesk Revit (untuk memvisualisasi gedung 3D) dan Autodesk BIM 360 Ops (untuk manajemen pemeliharaan). Sebagai studi kasus adalah Perancangan Pengelolaan Pemeliharaan Stasiun Walini yang merupakan salah satu stasiun kereta cepat Jakarta – Bandung dengan komponen bangunan yang sangat moderen, kompleks, dan rumit. Model perancangan pemeliharaan dilakukan melalui tahapan: (i) pemodelan bangunan menggunakan Autodesk Revit berdasarkan shop drawing dalam bentuk 3D dan dapat diaplikasikan untuk kebutuhan 4D dan 5D; (ii) mengeksport hasil Autodesk Revit ke aplikasi Autodesk BIM 360 Ops karena aplikasi ini memiliki kemampuan menyimpan database semua kegiatan operasi dan pemeliharaan gedung; dan (iii) melakukan simulasi perancangan pemeliharaan menggunakan aplikasi Autodesk BIM 360 Ops. Hasil rancangan model ini menunjukkan bahwa dengan teknologi BIM dapat dijadikan model perancangan pemeliharaan yang sangat detail, akurat, efektif, efisien, dan terintegrasi.*

**Kata Kunci:** *Pemeliharaan gedung, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Autodesk BIM 360 Ops, model pemeliharaan gedung*

#### **Abstract**

*Building maintenance is essential for the operation of the building to maintain the reliability and performance of the building to match its economic age. There are many buildings whose maintenance is inferior from a technical, administrative, and budgetary perspective, so an appropriate maintenance design model is needed according to the operational needs of the building. On the other hand, the development of digital information technology is getting faster and more widely used. One is Building Information Modeling (BIM), where the entire activity process works in collaboration and integration. Therefore, this study aims to develop a proper building maintenance design model using BIM. The method used is to apply building maintenance standards in Indonesia (Public Works Ministerial Regulation No 24/PRT/M/2008) in BIM supporting applications, namely Autodesk Revit (for visualizing 3D buildings) and Autodesk BIM 360 Ops (for maintenance management), as a case study using the Maintenance Management Design of Walini Station which is one of the Jakarta-Bandung fast train stations with very modern, complex and complicated building components. The maintenance design model is carried out through the following stages: (i) building modeling using Autodesk Revit based on shop drawings in 3D and can be applied to 4D and 5D needs; (ii) export Autodesk Revit results to the Autodesk BIM 360 Ops application because this application can store a database of all building operations; and (iii) conducting a maintenance design simulation using the Autodesk BIM 360 Ops application. The study results show that BIM technology can be used as a detailed, accurate, effective, efficient, and integrated maintenance design model.*

**Keywords:** *Building maintenance, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Autodesk BIM 360 Ops, building maintenance model*

## PENDAHULUAN

Pemeliharaan gedung sangat penting dan diperlukan setelah gedung selesai dibangun dan dipergunakan. Tingkat kepentingan pengelolaan pemeliharaan gedung sama dengan perencanaan dan pelaksanaan proyek pembangunan gedung (Mawardi et al., 2018). Pemeliharaan bangunan gedung merupakan kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarananya agar bangunan gedung selalu layak fungsi (Kemenhub, 2020; PerMen PU, 2008). Pentingnya pemeliharaan gedung menggambarkan kondisi bangunan dan infrastrukturnya (Abdul Jalil et al., 2014). Pemeliharaan ini akan memperpanjang umur bangunan, ditinjau dari: kekuatan, keamanan dan bentuk (fungsi) bangunan apabila sesuai dengan peraturan menteri yang sudah ada (Risnaji & Rafli, 2018). Keberhasilan pembangunan suatu bangunan dapat dilihat dari umur pemakaian bangunan tersebut sesuai dengan desain bangunan dan tata cara pemeliharaan bangunan itu sendiri.

Program pemeliharaan bangunan gedung harus jelas dan terstruktur serta dilakukan secara berkala tanpa menunggu gedung mengalami kerusakan (Erviyanto, 2007). Pelaksanaan pemeliharaan harus berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 24/PRT/M/2008 agar biaya yang dikeluarkan tidak tinggi (Partawijaya et al., 2022). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum ini juga sudah diterapkan pada manajemen pemeliharaan Gedung Dekanat Fakultas Kedokteran Universitas Andalas yang menghasilkan kesimpulan bahwa perlu disusun SOP, formulir pengamatan, dan organisasi pelaksana pemeliharaan (Misriani et al., 2020). Pemeliharaan komponen arsitektur membutuhkan perhatian lebih dibandingkan komponen struktur karena komponen arsitektur memiliki umur layanan lebih singkat daripada struktur (Mawardi et al., 2018). Selain itu peraturan ini juga mengatur besaran pagu anggaran biaya pemeliharaan sesuai jenis pemeliharaan yang akan dilaksanakan (Sari et al., 2022).

Kegiatan pemeliharaan memiliki banyak hambatan dalam penerapannya khususnya pada bangunan gedung. Banyak gedung di Indonesia khususnya di Jakarta yang tidak dilakukan pemeliharaan dengan baik sehingga berdampak pada penurunan kinerja (Dermawan & Wijaya, 2018). Kegiatan pemeliharaan pada bangunan pemerintah banyak yang dilaksanakan tidak secara terstruktur (tidak sesuai SOP) (Sari et al., 2022) (Widianto et al., 2022). Sedangkan hasil kajian pada manajemen pemeliharaan gedung swasta nasional memiliki standar pemeliharaan yang tinggi sehingga perlu didorong untuk dapat diterapkan pada bangunan

pemerintah (Sholeh & Malelak, 2019). Terbatasnya anggaran juga menjadikan salah satu penyebab kegiatan pemeliharaan menjadi tidak maksimal (Sari et al., 2022).

Saat ini telah berkembang teknologi informasi yang sudah diaplikasikan pada industri konstruksi salah satunya adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM merupakan suatu proses pengerjaan proyek yang dituangkan dalam bentuk 3D meliputi data arsitektur, rekayasa *engineering*, dan konstruksi dengan pemodelan 3D (KemenPUPR, 2018). Bangunan model 3D ini digunakan untuk semua jenis kegiatan dalam proses konstruksi yaitu perencanaan, pembiayaan, penjadwalan, hingga pengoperasian dan perawatan. BIM memiliki beberapa tingkatan, yaitu BIM 3D (pemodelan 3D), BIM 4D (penjadwalan), BIM 5D (kolaborasi dengan data estimasi biaya), BIM 6D (analisis energi) dan BIM 7D (pengoperasian dan pemeliharaan). Menurut (Rianky, 2017) salah satu permasalahan yang sering ditemui pada industri konstruksi adalah keterbatasan sumber daya manusia dalam mengelola detail pekerjaan yang begitu kompleks dan rumit. Temuan BIM merupakan solusi dari permasalahan yang dialami para pihak pada industri jasa konstruksi. Sehingga BIM semakin populer digunakan dalam bidang industri konstruksi sejak ditemukannya hingga saat ini.

Penggunaan BIM dapat meminimalisasikan kesalahan yang dibuat oleh manusia dalam pelaksanaannya (Laorent et al., 2019). BIM sebagai inovasi teknologi konstruksi yang dapat membantu semua pemangku kepentingan untuk berkolaborasi, memvisualisasikan, dan mengelola pekerjaan konstruksi dengan lebih baik (Pantiga & Soekiman, 2021). Saat ini perawatan dan pemeliharaan gedung dilakukan dengan mengandalkan dokumen kertas dan dilakukan oleh tenaga manusia. Hal ini dinilai kurang efisien untuk gedung dengan tingkat risiko pengelolaan yang tinggi atau bangunan gedung yang kompleks. Terdapat banyak *human error* dalam pelaksanaannya seperti sering salah terima informasi mengenai arsitektur/fasilitas gedung yang perlu dilakukan perawatan, penjadwalan yang sering tidak terkontrol, besaran volume yang tidak terkendali, komunikasi antar bagian dalam organisasi yang sering tidak ketemu, dan lain-lain. Tidak hanya itu saja pencarian dan penerimaan informasi tergolong lama dan rumit karena dokumen masih dalam berbentuk kertas. Teknologi BIM diperkirakan dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas pengelolaan pemeliharaan ditinjau dari aspek keakuratan, kelengkapan, fleksibilitas, keandalan, relevansi, kesederhanaan, tepat waktu, dapat diverifikasi, aksesibilitas, dan keamanan (Anastasia, 2019).

Konsep penerapan BIM pada operasi pemeliharaan infrastruktur sudah mulai dikembangkan. Hasil penelitian tentang BIM-FM (*Building Information Modeling-Facility Management*) menunjukkan bahwa penerapan BIM memerlukan SDM, bisnis proses dan teknologi (Pinti et al., 2022). *The National Institute of Standards and Technology (NIST) Cyber-Physical Systems (CPS) Framework* merekomendasikan penerapan BIM pada operasi dan pemeliharaan karena memiliki kemampuan visualisasi 3D, analisis komprehensif, akses informasi bangunan yang *real-time* meskipun memiliki kendala yang harus diselesaikan yaitu memerlukan persyaratan data khusus, SDM, perubahan proses manajemen, dan lain-lain (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019) (Guo & Hu, 2020). BIM memerlukan pendistribusian *role* dari semua partisipan manajemen pemeliharaan dengan baik (Piña Ramirez et al., 2017). BIM dapat dijadikan peringatan dini pada manajemen pemeliharaan bangunan (Ebiloma et al., 2023). Sedangkan penelitian tentang persyaratan penerapan BIM terletak pada komitmen manajemen puncak, kemauan dan pelatihan, dan kemampuan teknis organisasi (Akinradewo et al., 2023).

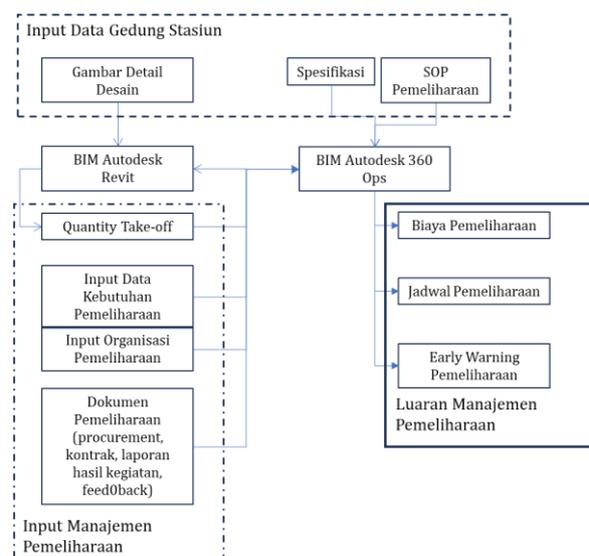
Penerapan BIM pada proyek infrastruktur di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan kurangnya dukungan aspek proses pada penerapan BIM di Indonesia (Pantiga & Soekiman, 2021). Disisi lain, penggunaan BIM diharapkan untuk mempermudah pekerjaan konstruksi ataupun pasca konstruksi secara efisien. Pengelolaan lingkup kegiatan, waktu dan biaya pekerjaan menjadi lebih mudah, cepat dan akurat (Rizqy et al., 2021).

Stasiun Walini merupakan salah satu stasiun yang direncanakan akan dibangun pada rute kereta cepat Jakarta – Bandung. Stasiun ini memiliki perbedaan dengan stasiun kereta api pada umumnya di Indonesia, karena stasiun ini merupakan salah satu stasiun pertama kereta cepat yang akan dibangun di Indonesia. Teknologi kereta api cepat menuntut sarana dan prasarana bangunan gedung yang sangat kompleks dan teknologi tinggi, sehingga membutuhkan rancangan pemeliharaan yang detail, terintegrasi dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pengelolaan ini harus didesain sejak dini sehingga segala risiko kegagalan pengelolaan pemeliharaan bangunan gedung dapat diantisipasi. Oleh karena itu pada rancangan model ini memodelkan pengelolaan pemeliharaan gedung menggunakan BIM untuk mengkolaborasi, memvisualisasikan, dan mengelola kegiatan pemeliharaan secara terintegrasi pada semua pemangku kepentingan. Hal ini dapat dikembangkan karena BIM memberikan fasilitas

membuat visualisasi gedung dalam 3D, menarik volume pekerjaan secara akurat, membuat dan menginformasikan jadwal kegiatan pemeliharaan, dan mendokumentasikan semua data (spesifikasi pekerjaan terbangun, SOP pekerjaan, dokumen pengadaan, dokumen kontrak, dokumen hasil pelaksanaan dan dokumen pendukung lainnya). Selain itu BIM dapat diakses secara serempak oleh semua pemangku kepentingan pengelolaan bangunan sesuai otoritas dan *role* yang bersangkutan (pemilik proyek, konsultan, kontraktor pelaksana, dan lain-lain). Model rancangan ini dapat menggantikan model pemeliharaan konvensional yang tidak memiliki kemampuan visualisasi pekerjaan dalam 3D, perhitungan volume dilakukan secara manual dan rentan dengan kesalahan, membutuhkan dokumen pemeliharaan manual yang terpisah baik penyimpanan dan pengarsipannya (dokumen gambar, spesifikasi teknik, dokumen kontrak awal, SOP pemeliharaan, dan dokumen pendukung lainnya), serta tidak dapat dikelola secara serempak oleh semua pemangku kepentingan.

## METODE

Rancangan model ini mengelaborasi standar pengelolaan pemeliharaan menurut Permen PU dengan penggunaan perangkat lunak BIM. Diagram alir rancangan model dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir Rancangan Model

Rancangan model pengelolaan pemeliharaan dilakukan dengan menggunakan program bantu perangkat lunak *Autodesk Revit* dan *Autodesk BIM 360 Ops*. Pada model ini membutuhkan 2 *input* data yaitu data gedung stasiun dan data manajemen pemeliharaan. Tahapan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan input data detail desain untuk membentuk gedung dalam 3D menggunakan BIM *Autodesk Revit*. Adapun tahapan penyusunan BIM *Autodesk Revit* adalah sebagai berikut:
  - a. Mengatur unit satuan.
  - b. Membuat *grid* sesuai dengan yang dibutuhkan.
  - c. Memodelkan struktur utama berupa kolom dan balok berdasarkan data *shop drawing*.
  - d. Memodelkan pelat lantai berdasarkan data *shop drawing*.
  - e. Memodelkan arsitektur berupa dinding, pintu, jendela, sanitair, plafon, dan lantai sesuai dengan data *shop drawing*.
  - f. Setelah mengerjakan pemodelan langkah – langkah diatas maka akan didapatkan gambar 2D dan 3D.
2. Menyusun BIM *Autodesk 360 Ops* dari BIM *Autodesk Revit* yang telah dikembangkan. Tahapan penyusunan BIM *Autodesk 360 Ops* adalah sebagai berikut:  
Menambahkan gedung
  - a. Mengimpor data 3D dari *Autodesk Revit*
  - b. Membuat tugas terjadwal dan tidak terjadwal
  - g. Memperbarui kemajuan tugas
3. Melakukan *input* data spesifikasi teknis dan SOP pengelolaan komponen gedung menggunakan BIM *Autodesk 360 Ops*.
4. Melakukan *input* manajemen pemeliharaan berdasarkan Permen PU meliputi:
  - a. *Input* data pemeliharaan yaitu aspek yang akan dipelihara, periode waktu pemeliharaan, jumlah volume pekerjaan yang ditarik dari BIM *Autodesk Revit*
  - b. *Input* data pemangku kepentingan yang akan melakukan pengelolaan pemeliharaan
  - c. *Input* data dokumen pemeliharaan.

Model ini diharapkan dapat memberikan informasi yang detail pada pengambilan keputusan pengelolaan pemeliharaan bangunan gedung meliputi:

1. Biaya yang dibutuhkan untuk pemeliharaan.
2. Jadwal kegiatan pemeliharaan
3. Pedoman kegiatan pemeliharaan (SOP, spesifikasi, kontrak dan lain-lain)
4. *Early Warning System* bagi pemangku kepentingan dalam pengelolaan pemeliharaan.

Rancangan model ini menggunakan landasan konsep pemodelan yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas pengelolaan pemeliharaan bangunan gedung meliputi:

1. Data bangunan hanya diinput saat perencanaan bangunan dan dapat diakses serta digunakan selama siklus bangunan tersebut (perencanaan, pembangunan, operasi-pemeliharaan, sampai tahap demolisi bangunan).
2. Data yang dijadikan rujukan dalam pengelolaan pemeliharaan sangat valid karena selalu diperbaharui pada setiap siklus bangunan dan divalidasi oleh berbagai pemangku kepentingan.

Pemeliharaan model ini menghasilkan kegiatan dan sasaran yang tepat karena dilakukan berdasarkan data awal perencanaan dan data rekam jejak yang selalu diperbaharui pada setiap tahapan siklus bangunan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu standar manajemen pemeliharaan gedung di Indonesia adalah menggunakan Peraturan Menteri PU No. 24/PRT/M/2008. Pemeliharaan gedung dimaksudkan untuk menjaga persyaratan gedung meliputi: keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan bangunan gedung. Komponen pemeliharaan dalam peraturan ini meliputi arsitektur, struktur, mekanikal, elektrik dan tata ruang luar. Namun pada pembahasan rancangan model ini hanya mengambil contoh pada komponen arsitektur saja agar diskusi dan pembahasannya tidak terlalu luas. Sedangkan metode pemeliharaan bangunan gedung meliputi persyaratan manajemen pemeliharaan, lingkup pemeliharaan, serta prosedur dan cara pemeliharaan (PerMen PU, 2008).

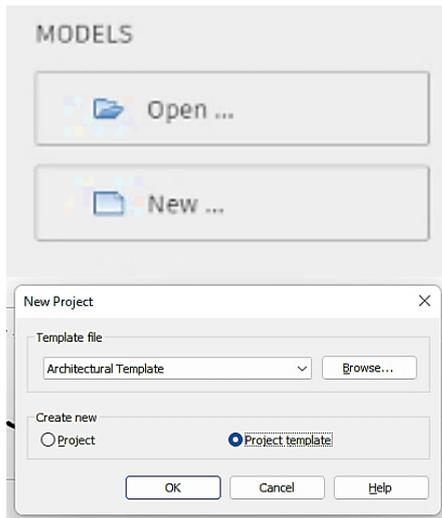
### Pengembangan Model BIM *Autodesk Revit* 3D dan *Autodesk BIM 360 Ops*

#### *Pemodelan BIM Autodesk Revit 3D*

Untuk memodelkan studi kasus (Stasiun Walini) menjadi BIM *Autodesk Revit* 3D perlu dilakukan kajian dan identifikasi detail desain struktur, arsitektur, mekanikal, elektrik dan tata ruang luar.

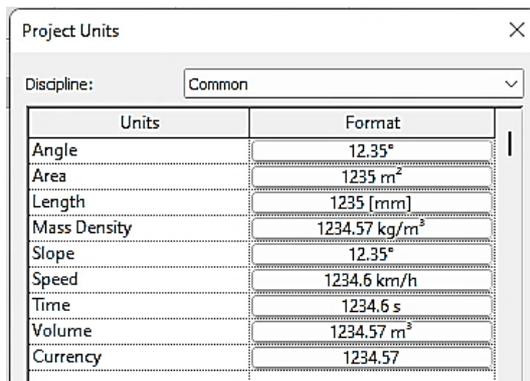
Selanjutnya menyusun desain BIM *Autodesk Revit* 3D dengan urutan sebagai berikut:

1. Membuat *file* kerja baru  
Pertama-tama dimulai dengan membuka *software autodesk revit* terlebih dahulu. Kemudian pilih opsi *New > Architectural Template > Project Template*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

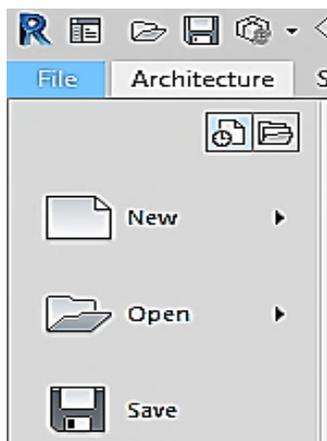


Gambar 2 Membuat File Kerja Baru

Setelah membuat lembar kerja baru, selanjutnya mengatur satuan yang digunakan pada lembar kerja. Pilih panel *Manage > Setting > Project Unit* atau menggunakan perintah *shortcut "UN"*. Setelah muncul jendela *Project Unit*, atur menggunakan satuan *metric*. Project ini menggunakan *setting* pada Gambar 3.



Gambar 3 Project Unit



Gambar 4 Menyimpan File Kerja

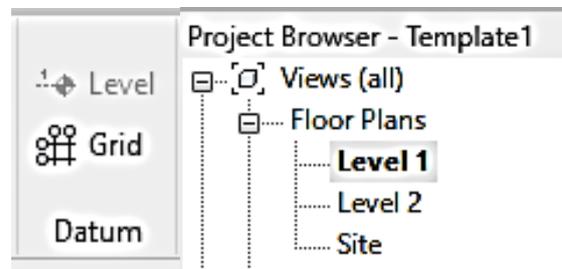
Setelah itu file kerja baru disimpan terlebih dahulu untuk menghindari file pekerjaan hilang apabila terjadi masalah pada masa pengerjaan.

Untuk menyimpan file pergi ke *ribbon File > Save* atau pilih *icon save*. Selanjutnya beri nama file sesuai dengan nama proyek. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.

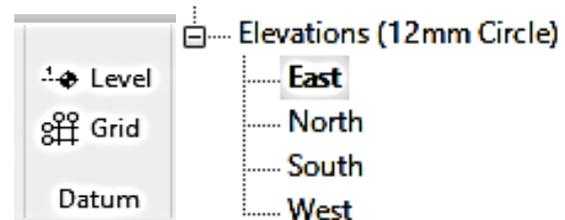
2. Membuat *grid* dan *level*

Untuk *ribbon grid* dapat ditemukan pada panel *Architecture > Datum > Grid* atau bisa menggunakan perintah *shortcut "GR"*. Agar *ribbon grid* aktif di perlukan *view* gambar pada *floor plan*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.

*Ribbon Level* terletak bersamaan dengan *Grid* yaitu *Architecture > Datum > Level*. Sama halnya dengan *Grid ribbon level* akan aktif apabila *view* gambar terletak pada *elevation*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Membuat Grid dan View Floor Plan



Gambar 6 Membuat Level dan View Elevation

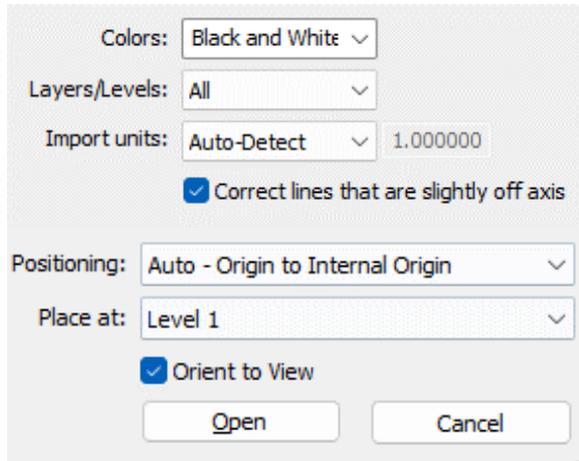
3. Mengimpor file *shop drawing*

Data *shop drawing* yang di dapat berupa CAD / dwg. File *shop drawing* dapat di *import* secara langsung dengan format dwg pada *revit*. Pilih panel *insert > import CAD / Link CAD >* Pilih file CAD yang digunakan, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Import file

Setelah *file* CAD sudah terpilih, ada beberapa *setting file* sebelum di buka. Untuk *setting file* CAD pada proyek ini ada pada Gambar 8.



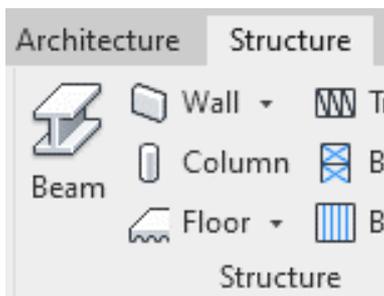
Gambar 8 Setting Import

Perubahan hanya pada penempatan gambar disesuaikan dengan dimana gambar itu diletakkan. Seperti gambar lantai satu berada pada level 1. Untuk memudahkan pengerjaan, warna CAD yang diambil sebaiknya berwarna hitam dan putih.

4. *Input family*

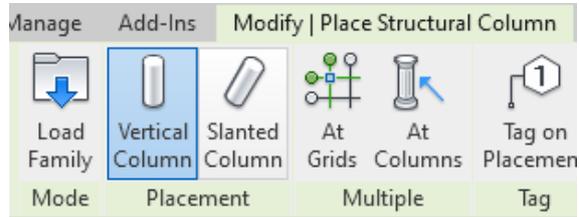
Dalam suatu proyek pekerjaan pasti memiliki bentuk yang berbeda-beda. Seperti dimensi kolom dan balok tidak akan sama. *Input family* adalah solusinya. Di dalam *family* sudah disediakan kriteria dimensi, material, dan lain-lain. Namun pasti suatu objek tidak akan sama, sehingga perlu adanya *input family* baru yang sesuai dengan ketentuan proyek. *Family* tersedia pada semua komponen struktur maupun arsitektur.

Melakukan pemodelan *family* menggunakan referensi yang sudah ada dari *revit content library* kemudian di *inputkan* ke dalam *file* kerja. Misalkan dalam membuat kolom, pergi ke *ribbon Structure > Structure > Column*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



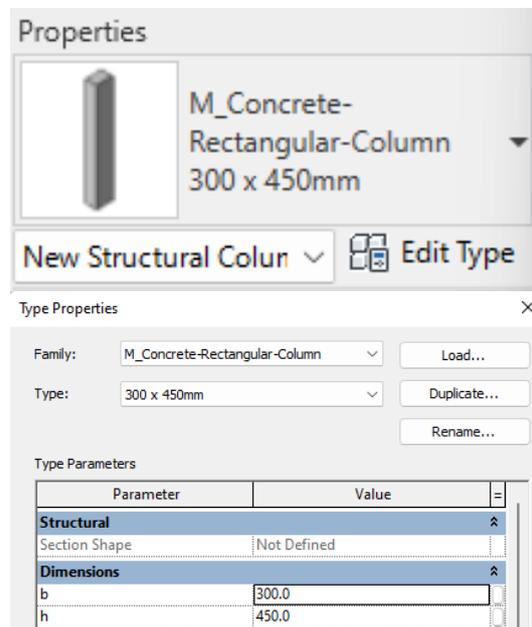
Gambar 9 Membuat Column

Kemudian akan muncul *ribbon* baru yaitu *modify | Place Structural Column*. Pilih *load family* untuk memilih jenis *column* yang sesuai dengan rencana. Lalu spesifikasi *column* akan keluar pada tab *Properties*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Load Family

Dalam tab *properties* akan ditunjukkan spesifikasi lengkap *column*. Karena sistem *default* untuk spesifikasinya maka perlu membuat dimensi maupun material baru dengan memilih *edit type* seperti pada Gambar 11.



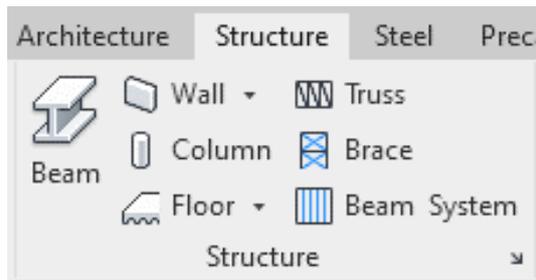
Gambar 11 Edit Type Family

Setelah itu *duplicate type column*, beri nama dan sesuaikan dimensi *column* yang akan digunakan pada proyek kerja. Lakukan langkah yang sama untuk komponen yang lainnya.

5. Pemodelan struktur utama

Untuk pemodelan struktur utama dibagi menjadi kolom, balok, dan pelat. Pengerjaan dalam *revit* untuk struktur utama terdapat pada *view floor plan, elevation, dan 3D*. Komponen kolom, balok, dan pelat dapat ditemukan pada *ribbon Structure > Structure > Column, Beam, and Floor*. Karena *shop drawing* sudah *terlink*

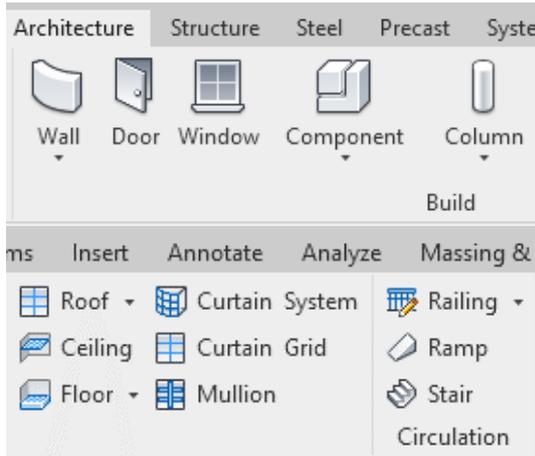
dalam *revit*, kolom dan balok ditempatkan sesuai dengan gambar *shop drawing*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12** Membuat Kolom, Balok, dan Pelat

6. Pemodelan arsitektur

Pemodelan arsitektur terbagi menjadi dinding, pintu, jendela, lantai, sanitair, dan plafon. Sama halnya dengan pengerjaan pemodelan struktur utama, pengerjaan pemodelan arsitektur terdapat pada *view floor plan, elevation, dan 3D*. Komponen arsitektur dapat ditemukan pada *ribbon Architecture > Build > komponen yang diinginkan*. Karena *shop drawing* sudah *terlink* dalam *revit* komponen yang diinginkan ditempatkan sesuai dengan gambar *shop drawing*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 13.

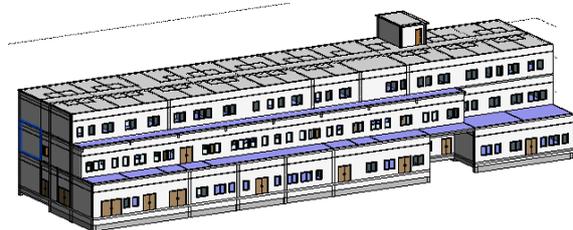


**Gambar 13** Memilih Komponen Arsitektur

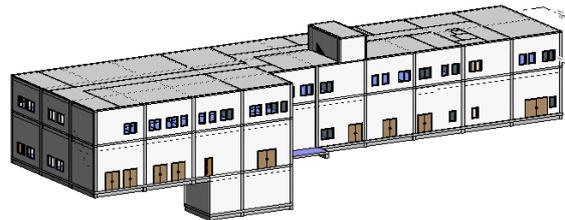
Berdasarkan langkah-langkah di atas, maka gambar struktur dan arsitektur bangunan gedung tersebut dapat dibentuk menjadi pemodelan 3D. Hasil pemodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 14.

Dari hasil pengembangan BIM *Autodesk Revit 3D* dapat dilihat bahwa penggunaan BIM ini dapat mengintegrasikan komponen gedung dalam satu *database* yang dapat dikelola secara terintegrasi. Hal ini sesuai dengan konsep rancangan BIM-FM pada penelitian sebelumnya (Pinti et al., 2022), (Pantiga & Soekiman, 2021).

Pengelolaan pemeliharaan pada komponen struktur, arsitektur, mekanikal, elektrik dan tata ruang luar dapat dilakukan secara terintegrasi dalam satu *database* berbeda dengan pemeliharaan tanpa BIM yang melakukan pemeliharaan komponen yang berbeda dengan dokumen dan data yang terpisah.



Gedung A



Gedung B

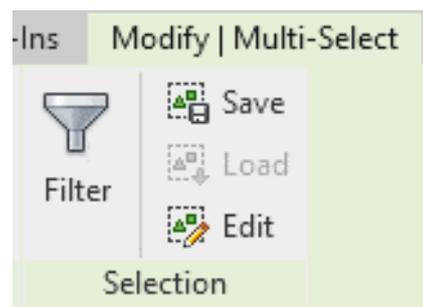
**Gambar 14** Pemodelan Gedung 3D

**Pemodelan Autodesk BIM 360 Ops**

Untuk memasukkan *database* model pemeliharaan diperlukan perangkat lunak *Autodesk BIM 360 Ops* karena *BIM Autodesk Revit 3D* tidak memiliki fitur penyimpanan dan pengolahan file *database*. Penyusunan *Autodesk BIM 360 Ops* dilakukan dengan menarik desain pada *BIM Autodesk Revit 3D* dengan urutan sebagai berikut:

1. *Autodesk Revit*

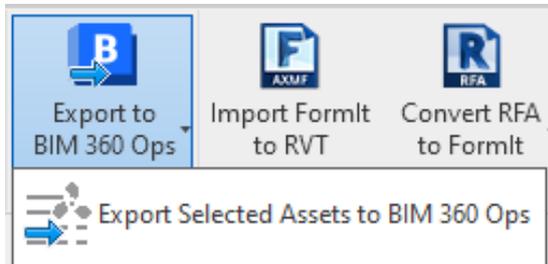
Setelah gambar 3D stasiun dibuat langkah selanjutnya yaitu mengekspor data 3D stasiun dari *Autodesk Revit* ke *Autodesk BIM 360 Ops*. Hal pertama yang dilakukan adalah blok semua gambar lalu pilih *Filter*. *Filter* gambar yang ingin diekspor



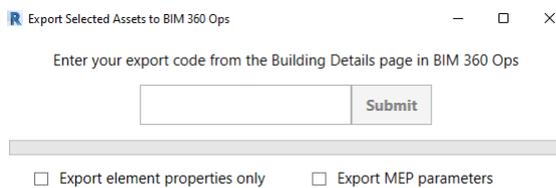
**Gambar 15** Filter Gambar

sesuai dengan kebutuhan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 15.

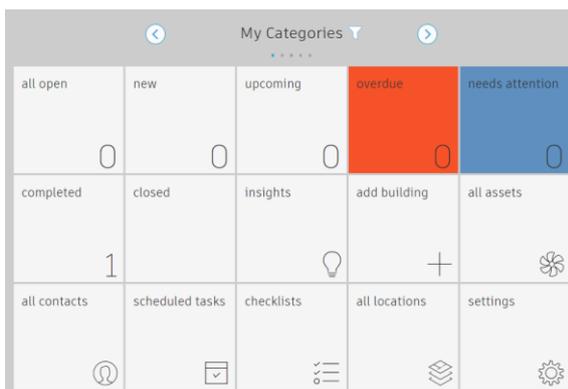
Kemudian pindah ke menu *Add-ins* lalu *eksport to BIM 360 Ops* > *Export Selected Assets to BIM 360 Ops*. Setelah muncul *window* baru, masukkan kode yang di dapat dari *Autodesk BIM 360 Ops*. Tunggu hingga proses ekspor selesai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16 Export to BIM 360 Ops



Gambar 17 Export Selected Assets to BIM 360 Ops



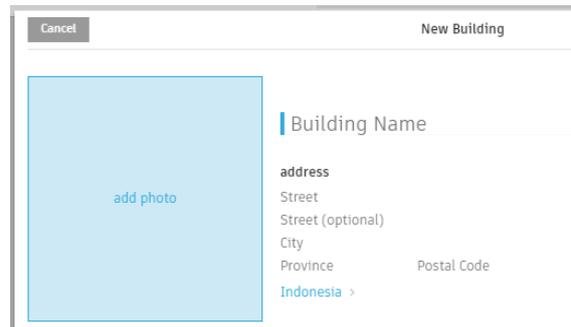
Gambar 18 Halaman Utama Portfolio

## 2. Autodesk BIM 360 Ops

Untuk mengakses *Autodesk BIM 360 Ops* melalui *website* buka <https://www.bim360ops.com>. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah membuat akun pada web tersebut. Setelah itu buat portfolio. Pada halaman utama, *add building* untuk menambahkan gedung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 18.

Masukkan nama dan alamat gedung yang ingin dilakukan pemeliharaan, kemudian klik *Submit*.

*Form* pengisian detail gedung dapat dilihat pada Gambar 19. Setelah masuk pada halaman gedung, lanjut klik *building* dapat dilihat pada Gambar 20 untuk meminta kode ekspor.



Gambar 19 Mengisi Detail Gedung



Gambar 20 Memilih Menu Building

Cari menu *Revit and BIM 360 field export code*, lalu klik *Generate Export Code* untuk memunculkan kode ekspor. Kemudian salin kode tersebut dan tempel pada menu ekspor pada *revit*. Meminta kode ekspor dapat dilihat pada Gambar 21.

Revit and BIM 360 Field export code  
GENERATE EXPORT CODE

Gambar 21 Meminta Export Code

Hasil pemodelan *Autodesk BIM 360 Ops* ini dapat digunakan untuk memasukkan *database* yang terkait dengan pengelolaan pemeliharaan meliputi: *assets* (memasukkan komponen-komponen bangunan yang akan dipelihara), *contracts* (*inputnya* berupa spesifikasi teknis, SOP, dokumen *procurement*, kontrak pemeliharaan dan lain-lain), *schedule task* merupakan fitur untuk menjadwalkan kegiatan pemeliharaan akan dikerjakan (d disesuaikan dengan standar pemeliharaan per komponen bangunan sesuai Permen PU), *location* (lokasi komponen yang akan dipelihara), dan *plan* (rencana program). Hasil pemodelan ini menunjukkan bahwa kegiatan pengelolaan pemeliharaan menggunakan BIM sangat efektif dan dapat mengatasi permasalahan yang terkait dengan

kelalaian dalam pengelolaan dokumen administrasi, jadwal perencanaan dan pembiayaan pemeliharaan (Anastasia, 2019), (Ebiloma et al., 2023), (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019).

### Simulasi Pemeliharaan Gedung Menggunakan Autodesk BIM 360 Ops

Sebagai simulasi model pemeliharaan bangunan gedung, maka proyek pada studi kasus akan dilakukan pemeliharaan menggunakan standar yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR (Kemenhub, 2020; KemenPUPR, 2016; PerMen PU, 2008; Susanti et al., 2022). Simulasi pemeliharaan ini akan diterapkan pada pemeliharaan tahun ke 20 setelah bangunan tersebut dioperasikan. Sedangkan untuk detail pemeliharaan hanya mengambil pada lingkup pekerjaan arsitektur seperti yang tercantum pada Tabel 1. Pada tabel tersebut sudah dijadwalkan bahwa material bangunan yang perlu dipelihara serta berapa kali pemeliharaan dilakukan pada tahun ke 20 gedung tersebut dioperasikan.

**Tabel 1** Jumlah Kegiatan Pemeliharaan Bangunan sampai dengan Tahun ke-20

Material Bangunan	Jumlah Kegiatan Pemeliharaan s.d. Tahun ke-20
Cat Dinding	5
Keramik	1
Engsel	1
Handel	2
Gypsum (Plafon)	1

Catatan: Periode pemeliharaan komponen arsitektur diasumsikan menggunakan ketentuan Permen PUPR

### Volume Pekerjaan Pemeliharaan

Setelah komponen gedung ditentukan, maka volume pekerjaan dapat ditarik/diambil dari model 3D gedung stasiun pada aplikasi Autodesk Revit. Volume pekerjaan pemeliharaan pada satu kali pemeliharaan dapat diketahui pada Tabel 2.

**Tabel 2** Quantity Take-off dari BIM Autodesk Revit

Komponen Bangunan	Material Bangunan	Satuan	Volume Pekerjaan
Dinding	Cat Dinding	m <sup>2</sup>	10711
Lantai	Keramik	m <sup>2</sup>	6170
Pintu	Engsel	unit	570
	Handel	unit	221
Jendela	Engsel	unit	766
Plafon	Gypsum	m <sup>2</sup>	5651

### Prosedur Pemeliharaan Autodesk BIM 360 Ops

1. Kegiatan Pemeliharaan yang Tidak Terjadwal  
Yang termasuk dalam kegiatan pemeliharaan tidak terjadwal adalah kegiatan perawatan atau perbaikan komponen bangunan yang

mengalami kerusakan di luar perkiraan pemeliharaan. Adapun cara pemeliharaannya adalah sebagai berikut:

Pada halaman awal pilih *add ticket* untuk membuat pekerjaan pemeliharaan baru. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 22.

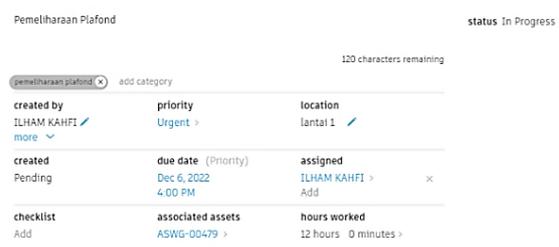


**Gambar 22** Add Ticket

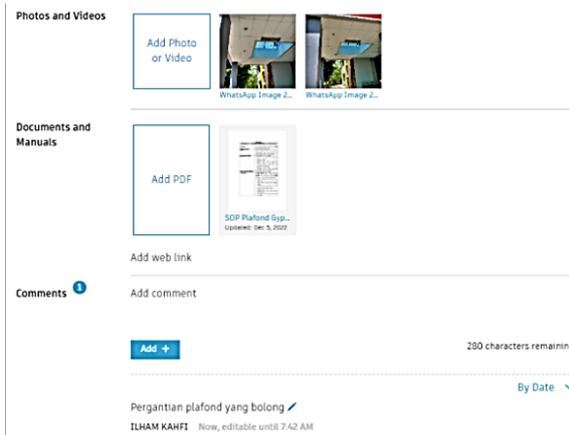
Selanjutnya mengisi detail pekerjaan pemeliharaan, misalnya pekerjaan pemeliharaan *plafond*. Adapun langkah penyusunan detail pemeliharaan sebagai berikut:

- Judul tugas diisi pemeliharaan plafon
- Mengisi kategori dengan pemeliharaan plafon
- Isikan siapa yang membuat tugas pemeliharaan
- Atur prioritas tugas pemeliharaan sesuai dengan kebutuhan, di sini diatur *urgent* karena perlu dilakukan tindakan segera
- Pilih lokasi yang perlu diperbaiki
- Atur batas maksimal perbaikan, di sini diatur 6 Desember 2022
- Atur 1 bulan sebelum masa tenggang untuk pembuat tiket tugas
- Masukkan siapa yang ditugaskan untuk mengurus pekerjaan
- Pilih aset yang perlu diperbaiki
- Atur berapa jam kerja yang perlu digunakan untuk pemeliharaan
- Masukkan foto, video, dan SOP kerja pemeliharaan plafon
- Isikan komentar yang perlu diperhatikan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 23 dan Gambar 24.

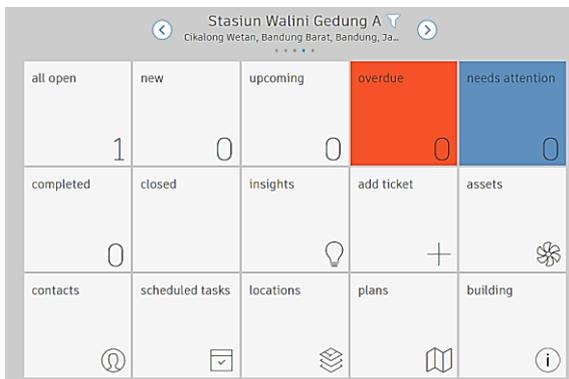


**Gambar 23** Detail Pemeliharaan Plafond

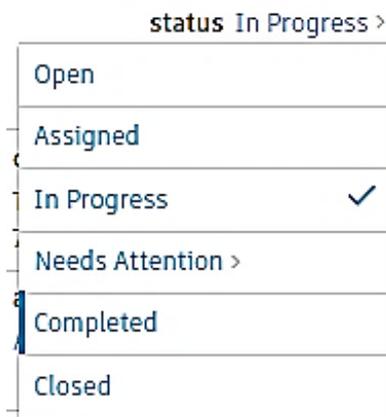


**Gambar 24** Detail Pemeliharaan Plafon 2

Halaman awal akan berubah karena pekerjaan pemeliharaan baru saja ditambahkan sesuai dengan status. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 25.



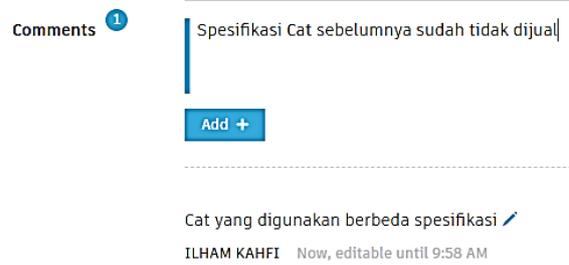
**Gambar 25** Halaman Awal Baru



**Gambar 26** Mengubah Status Pekerjaan

Pilih *All Open* untuk melihat perkembangan pekerjaan. Ubah status pekerjaan apabila pekerjaan dalam masa pengerjaan, terjadi masalah atau pekerjaan telah selesai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 26.

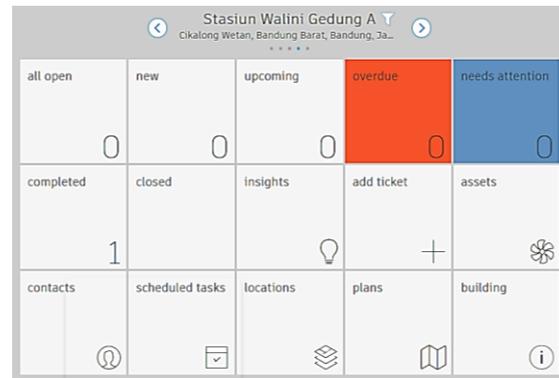
Pekerjaan apa saja yang dilakukan sebelumnya pada pemeliharaan plafon bisa dapat dilihat di *View History*.



**Gambar 27** Menambahkan Komentar

Para pekerja dapat melakukan diskusi mengenai pekerjaan dengan menambahkan kolom komentar pada menu yang disediakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 27.

Halaman awal akan berubah apabila status pekerjaan berubah. Misalnya pada pekerjaan pemeliharaan plafon selesai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 28.



**Gambar 28** Halaman Awal Setelah *Update Status*

Model perancangan pemeliharaan BIM ini terbukti dapat memberikan peringatan dini (*early warning system*) bagi pemangku kepentingan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 28. Pada menu ini akan terlihat kegiatan pemeliharaan apa yang sedang, akan, dan yang terlambat (Ebiloma et al., 2023).

2. Kegiatan Pemeliharaan yang Terjadwal  
Kegiatan pemeliharaan yang terjadwal merupakan pemeliharaan komponen bangunan yang menurut Permen PU sudah harus dilakukan pemeliharaan/perbaikan. Adapun cara melakukan pemeliharaan ini adalah sebagai berikut:  
Pada halaman awal pilih *scheduled tasks*. Kemudian klik *create a new scheduled task*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 29.



**Gambar 29** Memilih *Scheduled Tasks*

Isikan detail pemeliharaan yang ingin dilakukan. Misalkan pemeliharaan cat dinding, detail sebagai berikut :

- Judul tugas diisi pemeliharaan cat dinding
- Masukkan kategori pemeliharaan cat dinding
- Isikan siapa yang membuat tugas pemeliharaan
- Atur prioritas tugas pemeliharaan sesuai dengan kebutuhan (misal diatur medium)
- Atur pemeliharaan cat dinding dilakukan setiap 4 tahun sekali.
- Masukkan cek *list* guna mempermudah dalam pelaksanaan dan melihat kemajuannya.
- Atur 1 bulan sebelum masa tenggang untuk pembuat tiket tugas.
- Masukkan lokasi yang akan dilakukan pemeliharaan, di sini memilih seluruh gedung.
- Masukkan foto, video, dan SOP kerja pemeliharaan cat dinding sebagai acuan kerja semua pihak pelaksana dan manajer gedung

Create a New Scheduled Task

Pemeliharaan Cat Dinding 116 characters remaining

**pemeliharaan cat dinding** add category

created by ILHAM KAHFI ✓	priority Medium >	repeat every 4 Year(s) >
checklist Pemeliharaan Cat Dinding ×	create ticket 1 Month(s) > before	cost 0.00
associated assets None	associated locations 1 >	

Photos and Videos

Add Photo or Video

WhatsApp Image 2... WhatsApp Image 2... WhatsApp Image 2...

Documents and Manuals

Add PDF

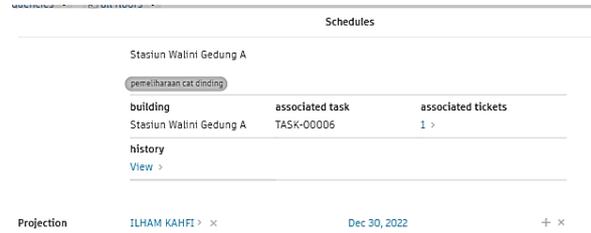
SOP Cat Dinding... Updated: Dec 5, 2022

Add web link

**Gambar 30** Mengisi *Detail New Scheduled Task*

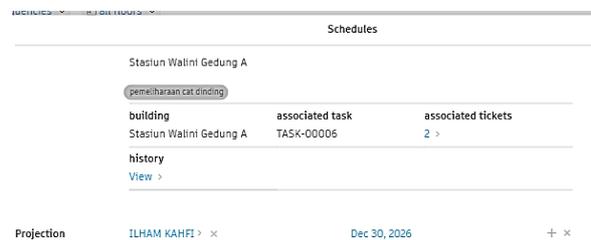
Bentuk tugas dan *layout* menu dapat dijelaskan pada Gambar 30.

Dalam *scheduled task* dapat mengatur kapan akan dilakukan pemeliharaan. Pada menu *schedules* atur tanggal berapa akan pertama kali dilakukan. Misal dalam pemeliharaan cat dinding akan dilakukan tanggal 30 Desember 2022. Maka untuk selanjutnya akan otomatis menghitung per 4 tahun pemeliharaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 31.



**Gambar 31** Mengatur *Schedules*

Untuk pemeliharaan selanjutnya akan otomatis diatur sesuai terlihat pada Gambar 32.



**Gambar 32** Tanggal Pemeliharaan Selanjutnya

Karena pengaturan tiket dibuat 1 bulan sebelum masa tenggang maka tiket akan otomatis dibuat oleh sistem 1 bulan sebelum masa tenggang.

Pengelola pemeliharaan (*building manager*) dan para partisipan kegiatan pemeliharaan (kontraktor, pengawas, *tenant*, dan lain-lain) dapat mengakses *portfolio* gedung stasiun. *Owner* harus melakukan penambahan *contact* para partisipan pada *portfolio*. *Owner* dapat menambahkan *contact* para partisipan setelah



**Gambar 33** Memilih Kontrak

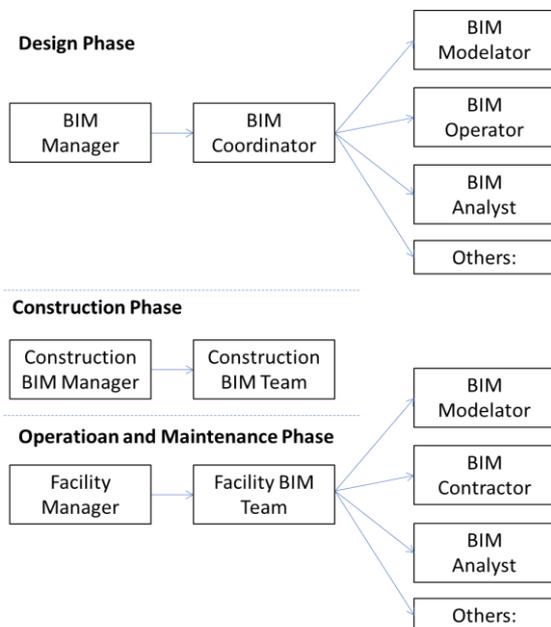
partisipan tersebut membuat akun terlebih dahulu. Email tersebut akan ditambahkan oleh *owner* agar para partisipan dapat mengakses *portfolio* gedung stasiun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 33.

Lalu pilih *create new contact*. Selanjutnya isikan detail pekerja sesuai dengan identitas pekerja. Untuk detail sebagai berikut :

- Isikan nama depan dan belakang pekerja
- Isikan nama perusahaan dan jabatan pekerja
- Masukkan email, nomor *handphone*, dan alamat pekerja
- Isikan *role* pekerja sesuai dengan jabatan pekerja

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 34.

Gambar 34 Form Detail Contact Pekerja



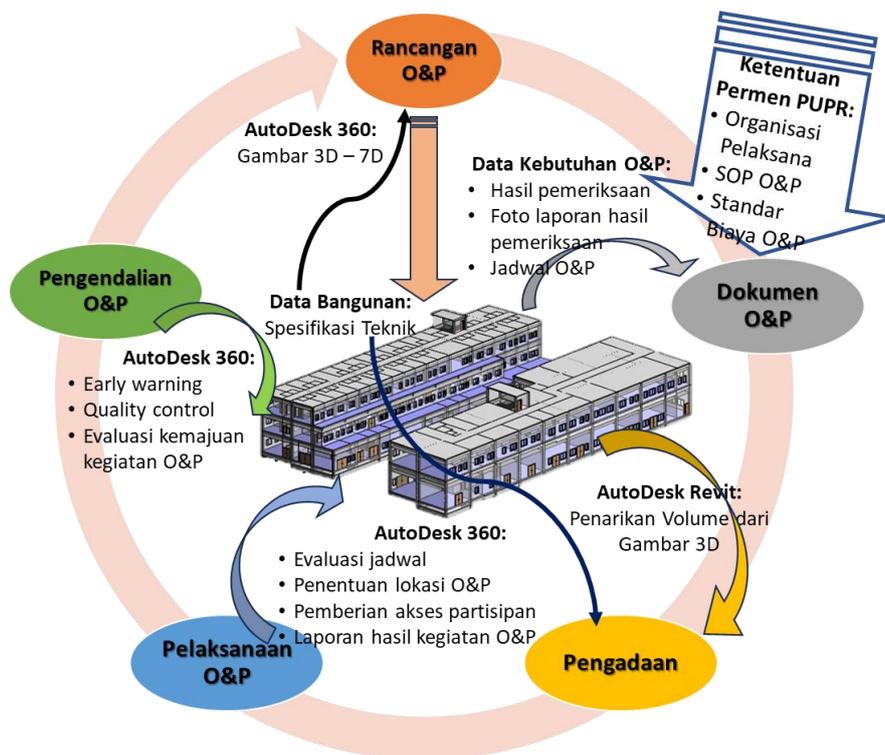
Gambar 35 Agen BIM dan Elaborasi Tim (Piña Ramirez et al., 2017)

Model pemeliharaan menggunakan BIM ini sudah sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa BIM dapat dikerjakan secara integratif dan kolaboratif oleh para partisipan proyek dalam manajemen proyek (Piña Ramirez et al., 2017). Skema agen BIM dan elaborasi dan *role* masing-masing partisipan manajemen proyek dapat dilihat pada Gambar 35.

Model pemeliharaan menggunakan BIM juga terbukti sangat efektif dan efisien karena dengan satu *platform* dapat digunakan oleh semua partisipan secara serempak menyelesaikan permasalahan operasi dan pemeliharaan bangunan. Hal ini menguatkan hasil temuan yang sudah diteliti sebelumnya yaitu: (i) BIM dapat menyelesaikan permasalahan secara efisien dan efektif melalui perbaikan berkelanjutan, peningkatan kualitas dan produktivitas, dan mengurangi penggunaan biaya (Samimpay & Saghatforoush, 2020); dan (ii) BIM menyediakan informasi dan visualisasi yang diperlukan dalam manajemen operasi dan pemeliharaan yang tepat dan dapat diandalkan sehingga dapat mengoptimalkan strategi pemeliharaan, meminimalkan waktu dan biaya melalui pengelolaan aktivitas serta dapat meningkatkan kepuasan pengguna (Alavi, Hamidreza; Forcada, Nuria; Fan, Su ling; San, 2021).

Dalam pelaksanaannya *Autodesk BIM 360 Ops* sangat membantu pekerjaan pengelola pemeliharaan gedung (*Building Manager*) dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan pemeliharaan gedung. Hal ini dikarenakan:

1. Kegiatan pemeliharaan dibentuk dalam visualisasi 7D sehingga sangat mudah dilihat bentuk, lokasi, volume, data spesifikasi, dan lain-lain (lihat Gambar 14).
2. Model perancangan BIM yang disusun ini dapat menarik volume pekerjaan pemeliharaan secara akurat (*quantity take-off*) (lihat Tabel 2).
3. Model perancangan BIM dapat meng-*entry* kan dan menginformasikan jadwal kegiatan pemeliharaan (lihat Gambar 29 dan Gambar 31).
4. Model perancangan BIM juga dapat mengelola dokumen pengelolaan pemeliharaan dengan sangat akurat dan efisien karena tersimpan dalam *database* aplikasi yang dapat diakses kapan saja dan dimana saja (Gambar 25 dan Gambar 31)
5. Model perancangan BIM dapat diakses secara *sharing* pada semua pemangku kepentingan pengelolaan bangunan sesuai otoritas dan *role* yang bersangkutan (Gambar 33-35).
6. Model perancangan BIM dapat memberikan peringatan dini (*early warning system*) bagi



**Gambar 36** Rancangan Hasil Pemodelan Pemeliharaan Bangunan Gedung Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM)

para pemangku kepentingan agar kegiatan ini dapat dijalankan dengan baik (Gambar 28).

Untuk memperjelas dan memudahkan dalam pemahaman model perancangan ini, maka disusun skema rancangan model pemeliharaan berdasarkan urutan penyusunan model bangunan, model perancangan pemeliharaan bangunan sesuai peraturan terkait dan tahapan manajemen proyek pemeliharaan bangunan. Adapun skema rancangan hasil pemodelan pemeliharaan bangunan gedung menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) dapat dilihat pada Gambar 36.

## KESIMPULAN

Rancangan model ini dapat merealisasikan konsep penerapan teknologi BIM pada penelitian terdahulu menjadi salah satu model perancangan pemeliharaan bangunan gedung dengan sangat detail, efektif, efisien, akurat, serta terintegrasi baik dari perancangan, pelaksanaan pekerjaan, dan pengelolaan pemeliharaan. Akurasi kegiatan pemeliharaan terjaga karena semua komponen bangunan sudah terdigitalisasi secara akurat dalam bentuk 7D dan tervalidasi dari *Detailed Engineering Design* saat perencanaan proyek sehingga tidak ada komponen bangunan yang terlewatkan. Volume yang dapat ditarik dari DED secara otomatis sangat

presisi. Efektif karena pengelolaannya menggunakan satu aplikasi yang dapat digunakan secara bersama-sama dan dapat memberikan informasi yang sudah ditetapkan sebelumnya. Efisiensi karena standar pemeliharaan, spesifikasi teknis, SOP dan semua kelengkapan dokumen pemeliharaan tersedia dalam satu aplikasi serta semua data rekam jejak bangunan dapat terekam dengan baik. Model ini juga dapat memberikan *early warning* bagi semua pemangku kepentingan agar dapat menjalankan kewajibannya dengan baik.

Pengembangan model pemeliharaan menggunakan BIM ini dapat dilanjutkan dengan menyusun model prediksi kerusakan dan pemeliharaan bangunan gedung dengan menggunakan aplikasi lain seperti bayesian, *artificial intelligence*, dan aplikasi lain sehingga dapat dijadikan peringatan dini terhadap kerusakan bahkan keruntuhan komponen bangunan jika semua data pada model ini sudah terekam dengan baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Wijaya Karya Persero Tbk karena telah memberikan data sekunder berupa *shop drawing* pada rancangan model ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdul Jalil, M., Amalia, R., Marsudi, & Martono. 2014. Pemodelan Manajemen Pemeliharaan Komponen Arsitektural Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang. *Wahana Teknik Sipil*, 19(2), 71–80.
- Akinradewo, O., Aigbavboa, C., Oke, A., Edwards, D., & Kasongo, N. 2023. Key requirements for effective implementation of building information modeling for maintenance management. *International Journal of Construction Management*, 23(11), 1902–1910. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.2023724>
- Alavi, Hamidreza; Forcada, Nuria ; Fan, Su ling ; San, W. 2021. BIM-BASED AUGMENTED REALITY INSPECTION OF FACILITY. In Dr. Harald Weinreich (Ed.), *Proceedings of the 2021 European Conference on Computing in Construction* (pp. 431–438). European Council on Computing in Construction (EC3). <https://doi.org/10.35490/EC3.2021>
- Anastasia, R. P. 2019. *Penerapan Building Information Modeling (BIM) Terhadap Pemeliharaan Fasilitas Gedung*.
- Dermawan, H., & Wijaya, H. 2018. Kajian Terhadap Pemeliharaan Gedung-Gedung Perkantoran Di Jakarta Pusat Dengan Usia Di Atas 20 Tahun. *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*, 07(28), 379–388.
- Ebiloma, D., Onadiji, A., & Aigbavboa, C. 2023. *A building information modeling framework for the scheduled maintenance of public university buildings in Nigeria* (Issue May).
- Ervianto, W. I. 2007. Studi Pemeliharaan Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 212–223.
- Gao, X., & Pishdad-Bozorgi, P. 2019. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. *Advanced Engineering Informatics*, 39(August 2018), 227–247. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.01.005>
- Guo, X., & Hu, H. 2020. Strategy of BIM Building Operation and Maintenance Management Based on LV-EG Model. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4130564>
- Kemendagri. 2020. *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 220 Tahun 2020 Tentang Pedoman Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan Gedung Kantor Pusat Kementerian Perhubungan*.
- KemenPUPR. 2016. *Modul 5 Perencanaan Pemeliharaan Dan Perawatan Rusunawa*.
- KemenPUPR. 2018. *Modul 1 Kebijakan yang Terkait Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi BIM*.
- Laorent, D., Nugraha, P., & Budiman, J. 2019. Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.9744/duts.6.1.1-8>
- Mawardi, E., Aulia, T. B., & Abdullah, A. 2018. Kajian Konsep Operasional Pemeliharaan Gedung SMA Bina Generasi Bangsa Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), 811–822. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i4.10041>
- Misriani, M., Riswandi, R., Satwarnirat, Hidayati, R., & Akmal, P. B. F. 2020. Perancangan Manajemen Pemeliharaan Gedung Dekanat Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. *Jurnal Fondasi*, 9(1), 44–53. <https://doi.org/10.36055/jft.v9i1.7536>
- Pantiga, J., & Soekiman, A. 2021. Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) Di Dunia Konstruksi Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(2), 104–110.
- Partawijaya, Y., Natalia, M., & Sari, A. 2022. Manajemen Pemeliharaan Gedung E, G, K dan V Politeknik Negeri Padang. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 17, 50–57.
- PerMen PU. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 24/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung*.
- Piña Ramirez, C., Varela Lujan, S., Aguilera Benito, P., & Vidales Barriguete, A. 2017. Aprendizaje de los roles de los agentes BIM en la organización de proyectos (Learning the roles of BIM agents in project management). *Advances in Building Education*, 1(1), 47–55. <https://doi.org/10.20868/abe.2017.1.3511>
- Pinti, L., Codinhoto, R., & Bonelli, S. 2022. A Review of Building Information Modeling (BIM) for Facility Management (FM): Implementation in Public Organisations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031540>
- Rianky. 2017. *Investigasi Penerapan Konsep Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Konstruksi Di Bidang Minyak Dan Gas Bumi Di Indonesia*.
- Risanji, M. A., & Rafli, R. 2018. Analisis Faktor Pemeliharaan Bangunan Gedung Terhadap Kenyamanan Pekerja Kantor. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 20(2), 980–102. <https://doi.org/10.35313/potensi.v20i2.1268>
- Rizqy, R. M., Martina, N., & Purwanto, H. 2021. Perbandingan Metode Konvensional Dengan BIM Terhadap Efisiensi Biaya, Mutu, Waktu.

- Construction and Material Journal*, 3(1), 15–24.  
<https://doi.org/10.32722/cmj.v3i1.3506>
- Samimpay, R., & Saghatforoush, E. 2020. Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10(2), 123–140.  
<https://doi.org/10.2478/jeppm-2020-0015>
- Sari, D. N., Soetjipto, J. W., & Arifin, S. 2022. Analisis Manajemen dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Gedung Kantor Bupati dan Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kabupaten Pamekasan. *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil*, 10(2), 83–92.
- Sholeh, M. N., & Malelak, E. J. 2019. Manajemen Pemeliharaan Fasilitas Bangunan Gedung Pada Proyek Swasta: Studi Kasus. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 2(1), 14–19.  
<https://doi.org/10.14710/potensi.2019.4665>
- Susanti, B., Foralisa Toyfur, M., & Sho, M. 2022. Estimasi Biaya Pemeliharaan Bangunan Mall di Indonesia (Studi Kasus Kota Palembang). *Jurnal Saintis*, 22(01), 11–22.  
[https://doi.org/10.25299/saintis.2022.vol22\(01\).9150](https://doi.org/10.25299/saintis.2022.vol22(01).9150)
- Widianto, F., Lenggogeni, & Rahmayanti, H. 2022. Evaluasi Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan Gedung K. H. Hasjim Asj'Arie, Kampus A, Universitas Negeri Jakarta. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 35–42.  
<https://doi.org/10.21009/jmenara.v17i1.17417>