

## Perancangan Rumah Tipe 45 di Kota Palangka Raya Menggunakan Metode *Building Information Modelling*

\*Kesa Endri Kisworo & Apria Brita Pandohop Gawei

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

\*kesaendri27@gmail.com

Received: 13 Februari 2025, Revised: 22 Februari 2025, Accepted: 28 Februari 2025

### Abstract

*The population growth of Palangka Raya City has increased, this affects the need for housing, with type 45 houses being the main choice. In facing these challenges, planners need an innovation, namely by using the BIM method. The use of BIM was chosen because of its ability to integrate modeling, and can overcome the problem of lack of detail at the design stage that often occurs in the construction industry. The selection of a combination of Tekla Structures and Archicad 27 software optimizes the design process. With Tekla Structures for structural modeling to reinforcement and Archicad focusing on architectural modeling. The purpose of this research is to design 3D structural, architectural, and MEP models of type 45 houses using the Building Information Modeling method, which will be carried out using Tekla Structures Educational Version and Archicad 27 Educational Version software. This research uses secondary data in the form of DED data for type 45 houses obtained from planning consultants, type 45 houses are located on Jalan Untung Suropati, Palangka Raya. The data analysis technique using the BIM method consists of 3 stages, namely modeling the building structure and reinforcement using Tekla Structures software, architectural modeling using Archicad 27, and MEP modeling using Archicad 27. The results showed that this research produced a 3D design of structural, architectural, and MEP models for type 45 houses using the BIM method.*

**Keywords:** Design, Type 45 House, Building Information Modelling.

### Abstrak

Pertumbuhan penduduk Kota Palangka Raya mengalami peningkatan, hal ini memengaruhi kebutuhan akan tempat tinggal, dengan rumah tipe 45 menjadi pilihan utama. Dalam menghadapi tantangan tersebut perencana perlu sebuah inovasi, yaitu dengan menggunakan metode BIM. Penggunaan BIM dipilih karena kemampuannya dalam mengintegrasikan permodelan, serta dapat mengatasi permasalahan ketidakdetailan pada tahap perancangan yang sering terjadi dalam industri konstruksi. Pemilihan kombinasi software Tekla Structures dan Archicad 27 mengoptimalkan proses perancangan. Dengan Tekla Structures untuk permodelan struktur hingga penulangannya dan Archicad berfokus pada permodelan arsitektur. Tujuan penelitian ini adalah membuat rancangan model 3D struktur, arsitektural, dan MEP rumah tipe 45 menggunakan metode Building Information Modelling, yang akan dilakukan dengan menggunakan software Tekla Structures Educational Version dan Archicad 27 Educational Version. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berupa data DED rumah tipe 45 yang didapat dari konsultan perencana, rumah tipe 45 tersebut berlokasi di Jalan Untung Suropati, Palangka Raya. Teknik analisis data menggunakan metode BIM terdiri dari 3 tahapan yaitu permodelan struktur bangunan dan penulangannya menggunakan software Tekla Structures, permodelan arsitektural menggunakan Archicad 27, dan permodelan MEP menggunakan Archicad 27. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian ini menghasilkan rancangan 3D model struktur, arsitektural, dan MEP untuk rumah tipe 45 dengan menggunakan metode BIM.

**Kata kunci:** Perancangan, Rumah Tipe 45, Building Information Modelling.

### Pendahuluan

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2022 Kota Palangka Raya memiliki jumlah

total penduduk sebanyak 305.797 jiwa, tahun 2021 sebanyak 298.954 jiwa, tahun 2020 sebanyak 293.500 jiwa, dan tahun 2019 266.020 jiwa. Dengan

laju pertumbuhan penduduk pertahunnya sebesar 4,84% (Badan Pusat Statistik, 2023).

Pertumbuhan penduduk ini berdampak pada peningkatan kebutuhan akan tempat tinggal. Melihat keberagaman taraf ekonomi Masyarakat Kota Palangka Raya, Pengembang perumahan menyediakan berbagai pilihan tipe rumah, seperti tipe 36, 45, 50, dan 70. Dari berbagai tipe yang ditawarkan, rumah tipe 45 berhasil menjadi favorit dan paling banyak dibangun oleh developer di Kota Palangka Raya (Aria and Purwanto, 2021)

Rumah dianggap sebagai tempat tinggal yang harus memenuhi kebutuhan fisik manusia, sehingga perlu memenuhi beberapa persyaratan. Pertama, rumah harus memberikan perlindungan dari cuaca. Kedua, rumah harus memungkinkan penghuninya melakukan aktivitas sehari-hari. Ketiga, rumah harus menjadi tempat istirahat yang tenang dan nyaman (Handayani, Wesnawa and Citra, 2016).

Tujuan penggunaan software digital yaitu untuk menghasilkan permodelan 3D yang terintegrasi dengan informasi lengkap, guna memudahkan koordinasi, simulasi, dan interaksi antar pihak terkait merupakan pengertian dari *Building Information Modeling* (BIM) (Sangadji, Kristiawan and Inton Kurniawan Saputra, 2019). BIM tidak hanya bertujuan untuk menciptakan, tetapi juga mengelola informasi yang berkaitan dengan berbagai aset yang dibangun, memungkinkan peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam proses pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur (Wardani, Waluyo and Purwantoro, 2025)

Metode BIM menjadi solusi untuk masalah yang sering muncul di industri konstruksi, seperti ketidakdetailan dalam tahap perencanaan. *Output design engineer* yang dihasilkan di Indonesia juga terbilang masih kurang memuat detail yang akurat (Rachmawati, 2022).

Dalam banyak kasus, fungsi perangkat lunak BIM yang berbeda saling tumpang tindih, dan hal ini masih harus dievaluasi kemampuannya dan dapat mampu memenuhi kebutuhan (Nguyen and Amoah, 2019).

Archicad adalah alat perangkat lunak untuk arsitek yang bekerja dalam industri *Arsitektur Engineering Construction* (AEC) untuk merancang bangunan, mulai dari fase perencanaan hingga fase pelaksanaan konstruksi (Emoke Csikos, 2024)

*Tekla Structures* merupakan salah satu *software* berbasis BIM yang dapat membuat dan mengelola data secara detail dan akurat. Software ini memiliki fitur untuk pemodelan, detailing, rekayasa,

pembuatan gambar, pelaporan, hingga penjadwalan (Dwi Sungkono, 2018)

*Software* pendukung metode BIM yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Archicad Educational Version* dan *Tekla Structures Educational Version*, penggunaan perangkat lunak *Tekla* disini untuk melengkapi fitur yang belum lengkap pada perangkat lunak *Archicad Educational Version*, salah satu fitur yang dimaksud ialah permodelan detail struktur seperti penulangan. Karena perangkat lunak *Tekla* sendiri merupakan perangkat lunak yang memang lebih unggul untuk permodelan pekerjaan struktur terutama pada beton bertulang (Tjitradi and Eliatun, 2024).

Berdasarkan pengertian yang telah dipaparkan bahwa merancangan rumah secara efisien menjadi hal yang penting dan metode *Building Information Modelling* untuk mencapai hal ini.

Hingga saat ini, penerapan *Building Information Modeling* (BIM) masih terbatas dalam proyek konstruksi, sehingga penelitian ini menjadi sangat krusial. BIM mengubah cara kerja dari metode konvensional yang kurang efisien menjadi proses yang lebih terpadu dan kolaboratif (Nugrahini and Permana, 2020).

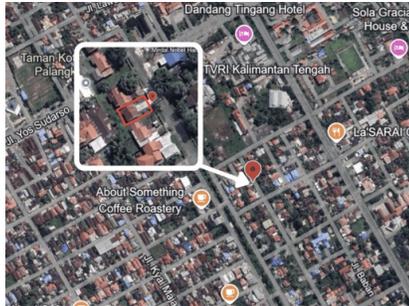
Penelitian mengenai perancangan rumah menggunakan metode *Building Information Modelling* (BIM) telah banyak dilakukan, namun kebanyakan penelitian berfokus pada implementasi BIM untuk satu aspek tertentu, seperti struktural, arsitektural, atau MEP secara terpisah. Sebagai contoh, penelitian oleh (Rizqy, Martina and Purwanto, 2021) membandingkan metode BIM dengan metode konvensional dalam hal efisiensi dan akurasi perancangan. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian yang secara khusus membahas integrasi model 3D struktural, arsitektural, dan MEP dalam dua platform BIM untuk perancangan rumah tipe 45. Pendekatan ini memungkinkan terciptanya model 3D yang terintegrasi dan akurat, yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses konstruksi.

Tujuan penelitian ini adalah *membuat rancangan model 3D struktural, arsitektural, dan MEP rumah tipe 45 menggunakan metode Building Information Modelling, yang akan dilakukan dengan menggunakan software Tekla Structures Educational Version dan Archicad 27 Educational Version.*

## Metode

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai dari bulan Oktober 2024 sampai dengan Januari 2025. Dan lokasi yang akan ditinjau pada penelitian ini terletak di Jalan Untung Suropati, Kelurahan Menteng, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



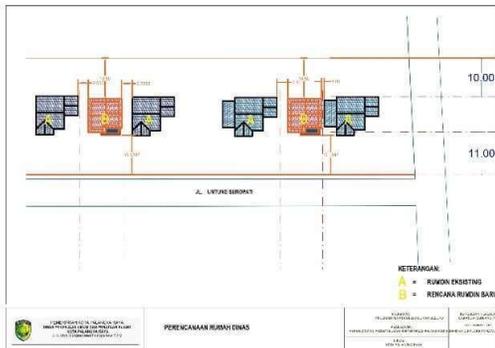
**Gambar 1. Lokasi Penelitian**  
 Sumber: earth.google.com

### Data Penelitian

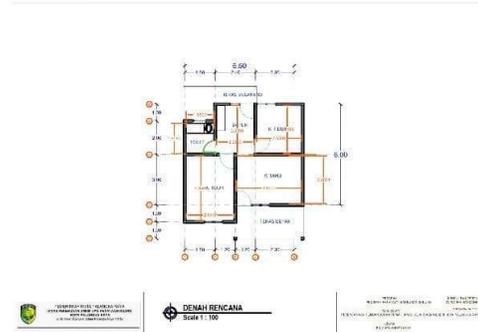
Dalam penelitian ini, data sekunder yang dipakai berupa data gambar DED (*Detail Engineering Design*) Rumah Tipe 45. Adapun informasi spesifikasi rumah tersebut sebagai berikut.

1. Luas Bangunan : 45 m<sup>2</sup>
2. Dinding : Batako Plester Aci
3. Pondasi : Footplate + Cerucuk Galam
4. Lantai : Keramik 50x50
5. Rangka Atap : Baja Ringan
6. Material Atap : Spandek
7. Rangka Plafon : Metal Hollow
8. Plafond : Gypsumboard + Kalsieboard
9. Sanitari : Closet Duduk

### Data Sekunder



**Gambar 2. Siteplan Kawasan**



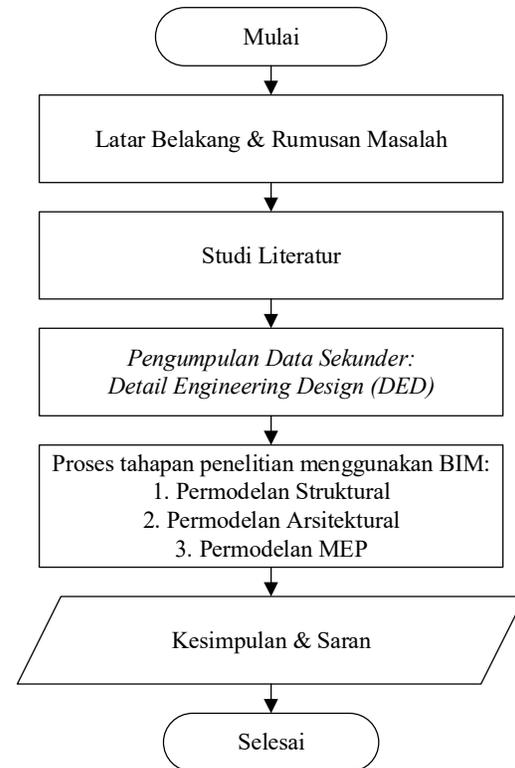
**Gambar 3. Denah Rumah Tipe 45**

Data sekunder yang digunakan berupa gambar *Detail Engineering Design* yang diperoleh dari konsultan perencana CV. Katiga Rancang Putera.

### Teknik Analisis Data

Metode *Building Information Modelling* diterapkan dalam analisis data pada penelitian ini, dengan bantuan *Software Graphisoft Archicad 27* dan *Tekla Structures*. Langkah-langkahnya yaitu dengan membuat permodelan Struktural, Arsitektural, dan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*).

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

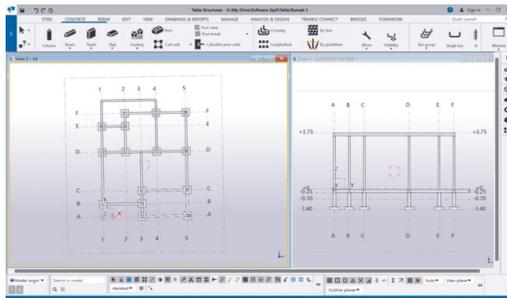


**Gambar 4. Bagan Alir Penelitian**

## Hasil dan Pembahasan

### Membuat model struktur Rumah Tipe 45

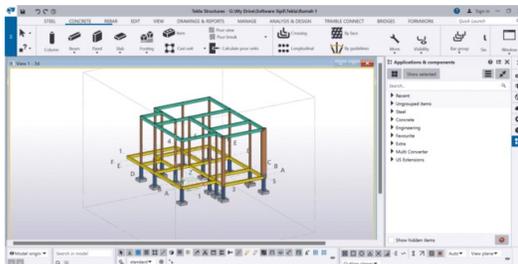
Langkah awal dalam membuat model pada rumah tipe 45 adalah dengan mengatur *grid* atau garis ukur yang digunakan untuk menaruh komponen model struktural, karna pada *grid* yang nantinya akan menghasilkan model yang presisi dan sesuai dengan letaknya atau biasa disebut elevasi setiap model. Pada penelitian ini model struktur dibuat dengan bantuan *software Tekla Structures Educational Version*.



Gambar 5. Grid

Apabila pengaturan grid telah selesai maka bisa dilanjutkan dengan membuat model struktur. Komponen model struktur disini mencakup:

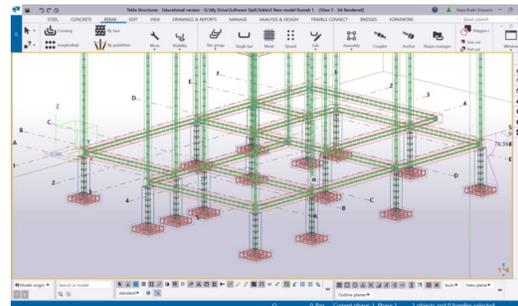
1. Pondasi  
Pondasi yang digunakan pada rumah tipe 45 ini merupakan pondasi footplate dengan ukuran 60x60x20 mm dan pondasi cerucuk galam sepanjang 1 meter terhitung dari alas bawah pondasi footplate. Dan kolom pedestal yang digunakan yaitu menggunakan ukuran 20x20.
2. Sloof  
Ukuran sloof yang digunakan pada rumah tipe 45 ini adalah 15/20 mm.
3. Kolom  
Ukuran kolom yang digunakan pada rumah tipe 45 ini ada 3 jenis ukuran yaitu 12x12 mm, 15x25 mm, dan 15x40 mm.
4. Balok  
Ukuran balok yang digunakan pada rumah tipe 45 ini yaitu 15x20 mm.



Gambar 6. Permodelan struktur

Kemudian setelah permodelan struktur telah selesai maka bisa dilanjutkan dengan membuat model penulangan struktur. Komponen model penulangan struktur disini mencakup:

1. Pondasi  
Pondasi yang digunakan pada rumah tipe 45 ini merupakan pondasi footplate dengan ukuran 60x60x20 mm dengan pembesian 5Ø12. Dan kolom pedestal yang digunakan yaitu menggunakan ukuran 20x20 mm dengan tulangan Sengkang Ø8-150 dan tulangan utama 4Ø12.
2. Sloof  
Ukuran sloof yang digunakan pada rumah tipe 45 ini adalah 15/20 mm dengan tulangan sengkang Ø8-150 dan tulangan utama 4Ø10.
3. Kolom  
Ukuran kolom yang digunakan pada rumah tipe 45 ini ada 3 jenis ukuran yaitu 12x12 mm (sengkang Ø8-200 dan utama 4Ø10), 15x25 mm (sengkang Ø8-150 dan utama 4Ø10), dan 15x40 mm (sengkang Ø8-150 dan utama 6Ø10).
4. Balok  
Ukuran balok yang digunakan pada rumah tipe 45 ini yaitu 15x20 mm dengan tulangan sengkang Ø8-150 dan tulangan utama 4Ø10.



Gambar 7. Model tulangan struktur

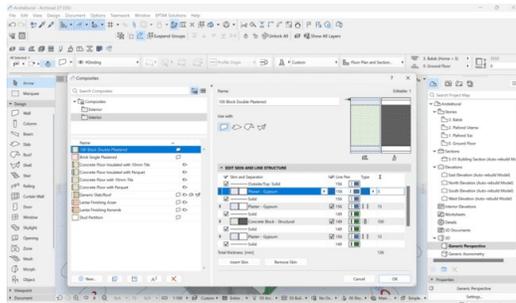
Agar model structural pada *Tekla Structures* dapat digunakan atau digabungkan dengan model yang dikerjakan pada *software Archicad 27* maka perlu mengubah format model menjadi format IFC (*Industry Foundation Classes*).

### Membuat model arsitektural Rumah Tipe 45

Pembuatan model arsitektural dilakukan setelah seluruh komponen model struktur selesai, hal ini guna meningkatkan kepresisian antar model structural dan model arsitektural, karna kedua hal ini sangat saling berkaitan. Pada penelitian ini model arsitektural dibuat dengan bantuan *software Archicad 27 Educational Version*.

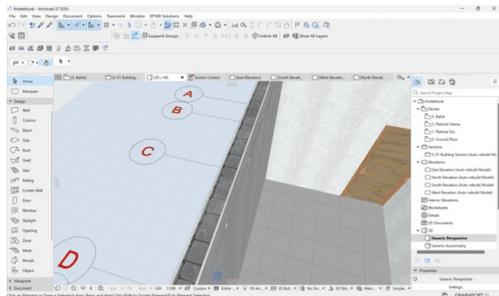
## Permodelan dinding

Dalam permodelan dinding, hal pertama yang harus diperhatikan adalah jenis material dan komponen pendukungnya. Karena spesifikasi dinding pada rumah tipe 45 ini adalah dinding batako plester aci, maka perlu mengatur ketebalan setiap komponen mulai dari ketebalan batako hingga ketebalan acian. Selain itu, penting untuk memastikan material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Tampilan pengaturan bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mengatur komponen dinding

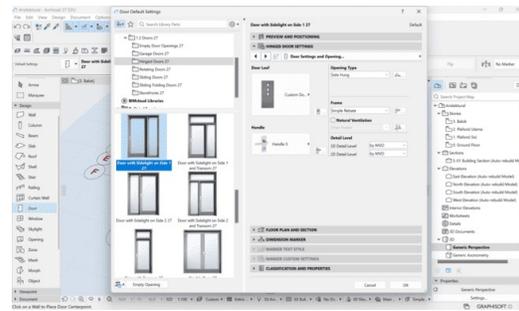
Setelah pengaturan komponen dinding selesai, maka secara otomatis komponen pada model 3D pun akan berubah sesuai dengan pengaturan yang telah dibuat, model 3D seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Komponen dinding pada model 3D

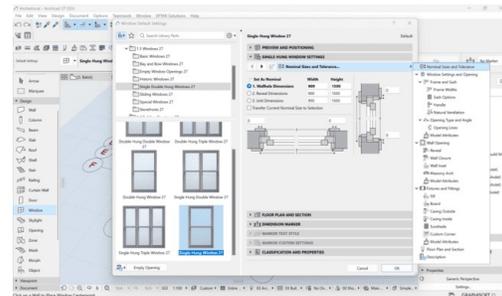
## Pemodelan kusen pintu dan jendela

Dalam pembuatan model kusen pintu dan dinding memiliki 2 cara, yaitu cara pertama dengan hanya mengatur ukuran panjang, lebar, dan ketebalan dengan menggunakan desain sesuai template yang ada pada fitur *software Archicad*. Dan cara kedua yaitu apabila desain pintu yang dibutuhkan tidak ada pada template, maka perlu membuat manual desain pintu yang diinginkan. Karena desain pintu pada gambar rumah ini tidak ada pada template, maka perlu membuat ulang desain pintu sesuai dengan data gambar rumah ini, dengan cara membuat *Object* baru yang kemudian akan secara otomatis bisa digunakan pada menu *Door Setting and Opening*, hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Door Setting

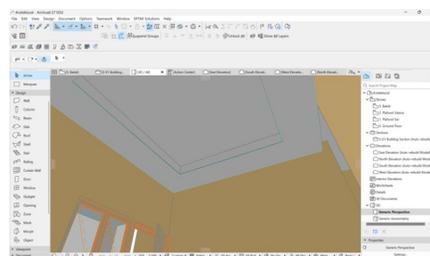
Hal ini juga berlaku pada jendela, namun jenis jendela yang digunakan pada rumah ini sudah ada pada template maka untuk menggunakan hanya perlu mengatur ukuran dan material yang akan digunakan sesuai pada spesifikasi rumah. Untuk pengaturan jendela bisa dilihat pada Gambar 11.



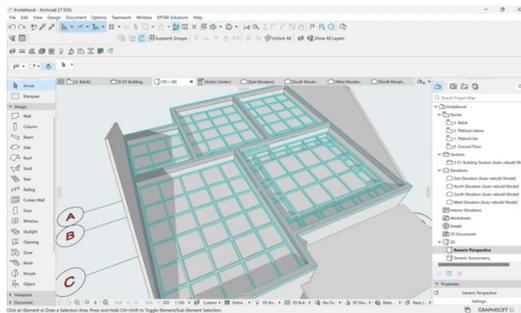
Gambar 11. Window Setting

## Permodelan rangka plafon dan plafond

Proses pemodelan 3D plafond dalam *software Archicad* dilakukan melalui dua tahapan utama. Tahap pertama dimulai dengan pembuatan rangka plafond menggunakan material besi hollow sebagai struktur utama penopang. Setelah struktur rangka plafond selesai dimodelkan, tahap kedua dilanjutkan dengan pemasangan penutup plafond berupa gipsumboard dengan ketebalan 9 mm. Visualisasi dari kedua tahapan ini dapat dilihat secara detail pada dokumentasi yang disajikan dalam Gambar 12 untuk proses pembuatan rangka besi hollow dan Gambar 13 untuk hasil pemasangan gipsumboard.



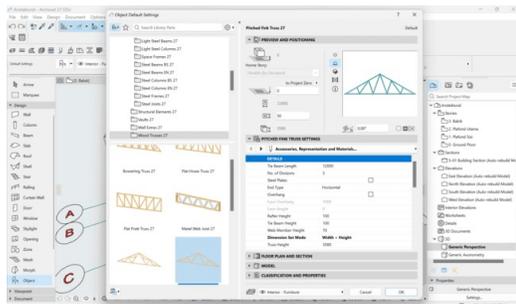
Gambar 12. Plafond tampak dari dalam ruangan



Gambar 13. Rangka Plafond

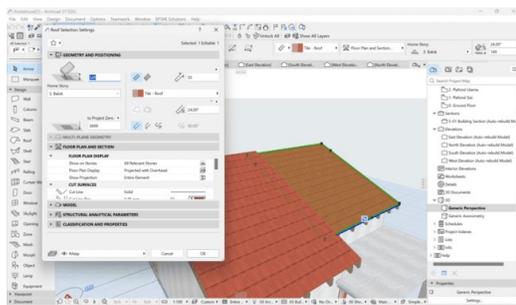
**Pembuatan kuda-kuda dan atap**

Proses pemodelan 3D kuda-kuda dan atap dalam software ArchiCAD dilakukan melalui dua tahapan utama. Tahap pertama dimulai dengan membuat kuda-kuda, pembuatan kuda-kuda Terdapat dua opsi untuk melakukannya, opsi pertama adalah menggunakan template bawaan ArchiCAD secara otomatis atau dapat dilihat pada Gambar 14. Opsi kedua dapat dilakukan dengan manual dengan cara membuat sketsa menggunakan Line Tool kemudian Setting pada Truss maker.



Gambar 14. Kuda-kuda

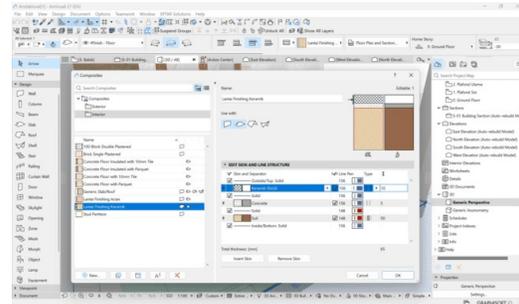
Tahap kedua dimulai dengan membuat atap sesuai dengan ukuran dan kemiringan data perencanaan, kemudian material atap diatur sesuai dengan data perencanaan yaitu atap dengan material spandek. Roof setting dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Roof Setting

**Pembuatan lantai**

Hal pertama yang dilakukan untuk membuat komponen lantai adalah dengan membuat komponen lantai secara manual pada Composite Tool hal yang perlu diatur meliputi ketebalan dan material yang digunakan untuk membentuk komponen lantai. Dapat dilihat pada Gambar 16.



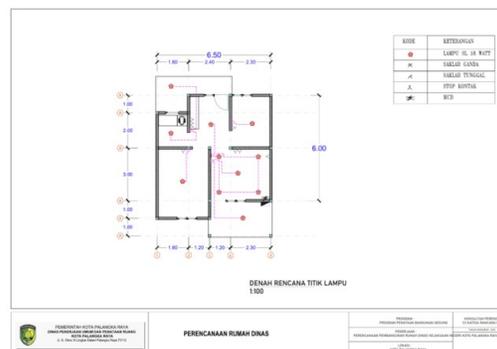
Gambar 16. Komponen lantai

**Membuat model MEP (Mechanical Electrical Plumbing) Rumah Tipe 45**

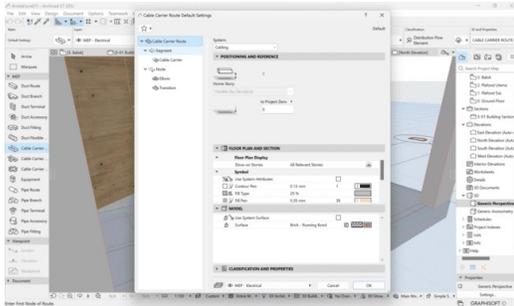
Pembuatan model MEP dilakukan setelah seluruh komponen model arsitektural dan struktural selesai, hal ini guna meningkatkan kepresisian antar model rumah dan model MEP. Permodelan MEP umumnya dapat dilakukan secara bersamaan dengan model arsitektural ataupun setelah permodelan arsitektural. Namun pada penelitian ini, permodelan MEP dilakukan Setelah permodelan arsitektural selesai sepenuhnya. Pada penelitian ini model MEP dibuat dengan bantuan software ArchiCAD 27 Educational Version.

**Membuat model kelistrikan**

Pada permodelan kelistrikan, komponen seperti lampu, saklar, MCB, dan stop kontak diambil dari Object Tool. Namun untuk kabel dibuat sesuai data, untuk pengaturan kabel dapat dilihat pada Gambar 18.



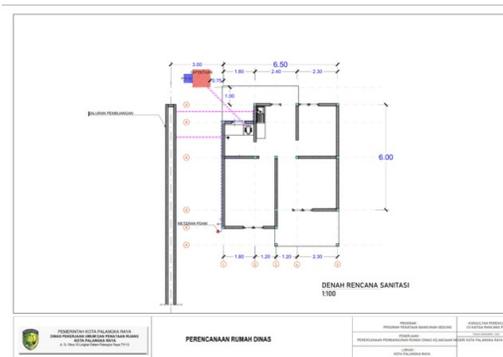
Gambar 17. Data Denah Kelistrikan



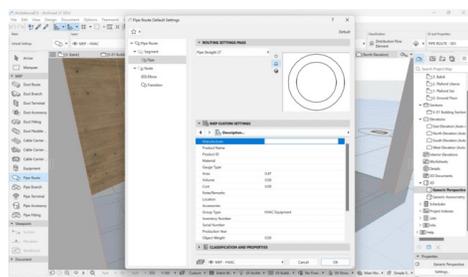
Gambar 18. Cabling Setting

### Membuat model plumbing

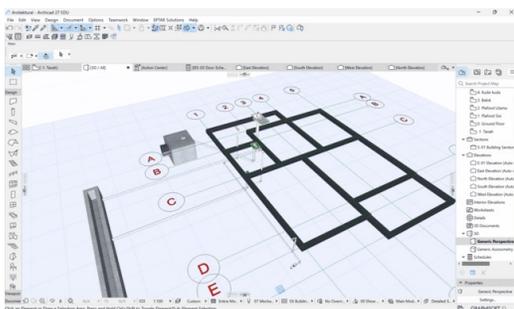
Pada permodelan *plumbing*, komponen seperti kran air dan pompa air dapat diambil dari *Object Tool*. Namun untuk pipa dibuat sesuai data, untuk pengaturan pipa dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 19. Data Denah Sanitasi



Gambar 20. Pipe Setting



Gambar 21. Bentuk Model Plumbing

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwasannya penelitian ini menghasilkan rancangan 3D model struktur, arsitektural, dan MEP untuk rumah tipe 45 dengan menggunakan metode *Building Information Modelling* (BIM). Dengan bantuan *software Tekla Structures Educational Version* untuk membuat model struktur bangunan beserta penulangannya dan *Archicad 27 Educational Version* untuk membuat model arsitektural dan MEP. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa BIM dapat digunakan secara efektif untuk mengintegrasikan berbagai perancangan konstruksi, termasuk struktur, arsitektur, hingga MEP.

## Saran

Dalam upaya pengembangan penelitian selanjutnya, peneliti mengajukan saran kepada peneliti selanjutnya, bahwasannya Untuk mengoptimalkan penerapan *Building Information Modelling* (BIM), terdapat beberapa faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Karena penelitian ini masih terbatas pada implementasi model 3D saja, disarankan untuk mengeksplorasi level BIM yang lebih tinggi serta mengoptimalkan kolaborasi antar berbagai perangkat lunak dalam perancangan proyek konstruksi. Eksplorasi ini dapat dimulai dari proyek sederhana seperti rumah tinggal hingga bangunan kompleks seperti gedung bertingkat tinggi. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu memperluas variasi objek yang diteliti, mulai dari struktur yang sederhana hingga bangunan dengan tingkat kerumitan yang lebih tinggi. Hal tersebut penting untuk memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang penerapan BIM dalam berbagai konteks konstruksi. Melalui pendekatan yang lebih komprehensif ini, diharapkan dapat menghasilkan wawasan yang lebih mendalam tentang integrasi teknologi informasi dalam pembangunan infrastruktur yang lebih canggih dan efektif di masa mendatang. Pengembangan ini pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam industri konstruksi.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini berhasil dilaksanakan berkat dukungan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk dukungan dana maupun pengetahuan. Oleh karena itu, peneliti terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak pemberi data yaitu CV. Katiga Rancang Putera yang memungkinkan penelitian ini dapat dilakukan, serta Dinas Pendidikan Provinsi Kalimantan Tengah melalui program Beasiswa Berkah (TABE) atas dukungan dan bantuan finansial pada penelitian ini. Kesempatan ini

merupakan sebuah kehormatan dan peluang yang sangat berharga dalam pengembangan dan pencapaian cita-cita baik akademik ataupun non akademik. Rasa syukur yang mendalam penulis sampaikan atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan.

#### **Daftar Pustaka**

- Aria, Z. and Purwanto, L., 2021. Analisis Emisi Karbon Rumah Tipe-45 di Kota Palangka Raya Dengan Single-Subject Experiment. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 14(2), pp.93–101.
- Badan Pusat Statistik, 2023. *Jumlah Penduduk Kota Palangka Raya Menurut Kecamatan (Jiwa)*. [online] Badan Pusat Statistik Kota Palangka Raya. Available at: <<https://palangkakota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjgwIzI=/jumlah-penduduk-kota-palangka-raya-menurut-kecamatan.html>> [Accessed 11 September 2024].
- Dwi Sungkono, K.K., 2018. Aplikasi Building Informasi Modelling (BIM) Tekla Structure Pada Konstruksi Atap Dome Gedung Olahraga UTP Surakarta. *Juteks : Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), p.273. <https://doi.org/10.32511/juteks.v3i2.278>.
- Emoke Csikos, 2024. *Archicad Quick Tour*. [online] Graphisoft Community. Available at: <<https://community-graphisoft-com/t5/Getting-started/What-is-Archicad>> [Accessed 28 December 2024].
- Handayani, N.W., Wesnawa, I.G.A. and Citra, I.P.A., 2016. Perubahan Orientasi Fungsi Rumah Di Kota Singaraja (Tinjauan Geografi Permukiman).
- Nguyen, T. V and Amoah, E.K., 2019. An Approach to Enhance Interoperability of Building Information Modeling (BIM) and Data Exchange in Integrated Building Design and Analysis. In: *International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019)*.
- Nugrahini, F.C. and Permana, T.A., 2020. Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan: Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya. *AGREGAT*, pp.459–467.
- Rachmawati, S., 2022. *Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling (Implementation Of 4D BIM Concept In Time Schedule Planning With Resources Levelling Analysis)*. Yogyakarta.
- Rizqy, R.M., Martina, N. and Purwanto, H., 2021. *Perbandingan Metode Konvensional Dengan Bim Terhadap Efisiensi Biaya, Mutu, Waktu*. [online] *Construction and Material Journal*. Available at: <<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj>>.
- Sangadji, S., Kristiawan, S. and Inton Kurniawan Saputra, dan, 2019. *Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung*. Surakarta.
- Tjitradi, D. and Eliatun, E., 2024. Pemodelan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Software Tekla Structures 2022. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(1), p.139. <https://doi.org/10.31602/jk.v7i1.15089>.
- Wardani, M., Waluyo, R. and Purwantoro, A., 2025. Penerapan Building Information Modelling 3D, 4D, dan 5D Pada Perencanaan Desain Jalan AKSES Dermaga IHM Application Of Building Information Modelling 3D, 4D, and 5D In The Design Planning Of IHM Dock Access Road. 16(1), pp.97–106. <https://doi.org/10.34001/jdpt>.