

Perancangan Struktur dan Konstruksi Rumah Panggung Bugis-Makassar Dengan Aplikasi BIM (*Building Information Modeling*)

Armin Aryadi¹; Herman Parung²; Rita Irmawaty³; Andi Arwin Amiruddin⁴
^{1,2,3,4} Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Indonesia

arinarekacipta22@gmail.com

ABSTRACT

The rapid development of information technology in various parts of the world, especially in the construction sector, where technology is very useful to facilitate work. This technology belongs to the field of AEC (Architecture, Engineering, and Construction), which is now known as BIM (Building Information Modeling). BIM is a method in infrastructure construction that integrates a virtual model with its technical data and simulates all information on a development project into a 3-dimensional model, so that work can run more effectively and efficiently. This study aims to model structural design and construction in 3D models, detailed working drawings and volume analysis, and at the same time display construction drawings from planning data for stilt house construction projects. The building that is used as the object of research is a prototype structure of the Bugis-Makassar stilt house and is used as a residential house. This study uses a planning approach that uses several applications such as Archicad, Artlantis, AutoCAD and Excel which are integrated with each other by adjusting the use of software to the problem solving needs that will be discussed. From the results of the analysis and calculations, it can be seen that the use of different applications in this study can be well integrated with each other and is able to produce detailed and easy-to-understand output, as well as produce realistic images.

Keywords: Structure, Construction, Stilt House, BIM (*Building Information Modeling*), Archicad

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan teknologi informasi di berbagai belahan dunia terutama di bidang konstruksi, dimana teknologi sangat berguna untuk mempermudah pekerjaan. Teknologi ini termasuk dalam bidang AEC (*Architecture, Engineering, and Construction*), yang sekarang dikenal sebagai BIM (*Building Information Modeling*). BIM adalah metode dalam konstruksi infrastruktur yang mengintegrasikan model virtual dengan data teknisnya dan mensimulasikan seluruh informasi pada sebuah proyek pembangunan ke dalam model 3 dimensi, sehingga pekerjaan akan dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk pemodelan desain struktur dan konstruksi dalam model 3D, detail gambar kerja dan analisis volume, dan sekaligus menampilkan gambar konstruksi dari data perencanaan untuk proyek konstruksi rumah panggung. Bangunan yang dijadikan objek penelitian adalah prototype struktur rumah panggung Bugis-Makassar dan digunakan sebagai hunian rumah tinggal. Penelitian ini menggunakan pendekatan perencanaan yang menggunakan beberapa aplikasi seperti Archicad, Artlantis, AutoCAD dan Excel yang saling terintegrasi dengan menyesuaikan penggunaan perangkat lunak dengan kebutuhan pemecahan masalah yang akan dijadikan pembahasan. Dari hasil analisis dan perhitungan terlihat bahwa penggunaan aplikasi yang berbeda dalam penelitian ini dapat saling terintegrasi dengan baik dan mampu menghasilkan output yang detail dan mudah dipahami, serta menghasilkan gambar yang realistis.

Kata kunci: Struktur, Konstruksi, Rumah Panggung, BIM (*Building Information Modeling*), Archicad

1. PENDAHULUAN [11pt, kapital]

Pesatnya perkembangan industri konstruksi disebabkan oleh fakta bahwa industri konstruksi merupakan bagian penting dari pembangunan negara. Perkembangan yang pesat dan kompleksitas proyek yang tinggi membuat penyedia jasa konstruksi perlu bekerja lebih efektif dan efisien. Hal ini mau tidak mau akan mendorong perkembangan sektor konstruksi ke arah yang lebih terintegrasi. Kini, perkembangan teknologi komunikasi dan ilmu pengetahuan dapat mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya adalah penggunaan Building Information Modeling (BIM). Ini memfasilitasi proses desain dan konstruksi yang lebih terintegrasi dengan hasil yang efisien. Penjadwalan yang tepat waktu menjadi tantangan bagi penyedia jasa konstruksi. Ketersediaan waktu dan perencanaan biaya yang tepat merupakan salah satu faktor kunci keberhasilan proyek konstruksi.

Sebuah pendekatan untuk mendesain bangunan, konstruksi dan manajemen proyek dapat digambarkan melalui prinsip Building Information Modeling (BIM). Model bangunan 3D dapat digunakan untuk mendapat gambar proyek yang diperlukan, model bangunan ini termasuk dalam prinsip dasar pemodelan BIM. BIM ini dapat mencakup kebutuhan konstruksi seperti gambar proyek, perencanaan kuantitas, penjadwalan proyek, bahkan estimasi harga sekalipun. BIM merupakan suatu metode yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelaksanaan pekerjaan konstruksi [1]. Dengan adanya BIM sebagai inovasi teknologi, sudah membuktikan bahwa bidang pekerjaan konstruksi telah memasuki era digitalisasi dalam proses perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terlibat di dalam suatu proyek [2]. Melalui penerapan teknologi BIM, bidang konstruksi diberikan banyak kemudahan berupa adanya peningkatan kolaborasi antar *stakeholder* dalam industri konstruksi [3].

Metodologi Building Information Modeling (BIM) telah diterapkan di semua domain industri Konstruksi di seluruh dunia. Konsep BIM didasarkan pada pembuatan perwakilan model virtual tunggal bangunan, terdiri dari spesialisasi berbeda yang terlibat dalam proyek dan semua informasi dibuat sepanjang siklus hidup bangunan [4]. Saat ini, BIM konsep dan teknologi yang terkait merupakan platform kerja utama, memiliki menyediakan kapasitas kolaboratif tambahan komunikasi antara tim desain dan mendukung penyampaian informasi yang mudah [5]. Dalam insinyur perusahaan, adopsi BIM telah menyebabkan perubahan signifikan dalam internal organisasi, untuk mengakui kolaborasi terpusat dalam model BIM tunggal, mendukung berbagai disiplin ilmu desain bangunan [6]. Penerapan BIM sebenarnya mencakup aspek yang lebih konferhensif dari seluruh proses yang berkaitan dengan bangunan, mulai dari tahapan perencanaan, pembangunan, operasional hingga pemusnahan bangunan ketika sudah tidak lagi digunakan [7]. Ada beberapa aspek yang dapat disimulasikan dengan pendekatan BIM yakni diantaranya : Visualisasi estetika arsitektur, struktur dan konstruksi, suhu dan kesamaan thermal, Penggunaan dan konservasi energi [8]. Untuk penelitian ini simulasi akan berfokus pada pemodelan struktur dengan memanfaatkan software lisensi yang mendukung BIM, yakni Archicad *Versi 25*.

Salah satu *software* yang telah mengadopsi BIM adalah Archicad. Archicad dapat digunakan untuk pembuatan gambar proyek, pengelolaan proyek, pengendalian proyek, perhitungan RAB, perhitungan volume serta masih banyak lagi keunggulan *software* Archicad yang belum kita ketahui. Archicad sebagai salah satu pelopor *software* BIM merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mengintegrasikan permodelan dengan fitur informasi model tersebut, baik dimensi, jenis material, spesifikasi hingga harga dan produsennya. [9].

Archicad adalah perangkat lunak BIM CAD arsitektur untuk macintosh dan windows yang

dikembangkan oleh perusahaan Hungaria Graphisoft. Pengembangan Archicad dimulai pada tahun 1982 untuk apple macintosh asli. Setelah diluncurkan pada tahun 1987, dengan graphisofts virtual Building "konsep" Archicad menjadi dianggap oleh beberapa orang sebagai implementasi pertama dari pemodelan informasi bangunan (BIM). Archicad telah diakui sebagai produk CAD pertama pada komputer pribadi yang mampu menghasilkan geometri 2D dan 3D, serta BIM komersial pertama yang diproduksi untuk komputer pribadi [10].

Studi ini mengkaji optimasi integrasi beberapa perangkat lunak yang memfasilitasi penerapan konsep BIM. Dalam studi ini, gambaran konsep BIM meliputi pembuatan model detail 3D bangunan, perhitungan volume material, pengambilan detail gambar 2D dari model 3D yang telah dibuat, dan rendering secara real-time.

Bangunan yang dijadikan objek pengaplikasian BIM adalah prototype struktur rumah panggung Bugis-Makassar dan digunakan sebagai hunian rumah tinggal. Mardanas (1985) dahulu kala suku Bugis Makassar menganut kepercayaan attau riolong yang mengajarkan pandangan kosmologis, bahwa alam raya (makro kosmos) bersusun tiga tingkat, yaitu: botting langi' (dunia atas), ale kawa (dunia tengah) dan uri liyu (dunia bawah) [11]. Pusat ketiga bagian alam raya ialah botting langi, tempat bersemayamnya dewata Seuwae. Pandangan kosmologis tentang makro kosmos diwujudkan pada rumah tinggalnya yang dianggap sebagai mikro kosmos. Oleh karena itu, rumahnya terdiri atas tiga bagian yaitu: rakkeang (para-para/loteng), ale bola (badan rumah) dan awa bola (kolong rumah). Ketiga bagian itu terpusat pada posi bola yaitu bagian yang dianggap suci.

Tato (2008) mengatakan bahwa konsep arsitektur tradisional Bugis Makassar memandang kosmos terbagi atas tiga bagian, sehingga secara struktural rumah tradisional Bugis Makassar terdiri dari: a) struktur bagian bawah, b) struktur badan rumah, dan c) struktur bagian atas [12]. Rumah Bugis tradisional merupakan contoh model rumah Asia Tenggara, yaitu rumah panggung dari kayu, yang atapnya berlereng dua, dan kerangkanya berbentuk huruf "H" terdiri dari tiang dan balok yang dirakit tanpa pasak atau paku, tiangnyalah yang menopang lantai dan atap sedangkan dinding hanya diikat 9 pada tiang luar. Karakteristik fisik itu, yang membuat model rumah itu mudah dibongkar atau malah dipindahkan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan pemukiman orang Bugis sering kali berpindah dan tidak terpusat pada suatu pemukiman permanen [13].

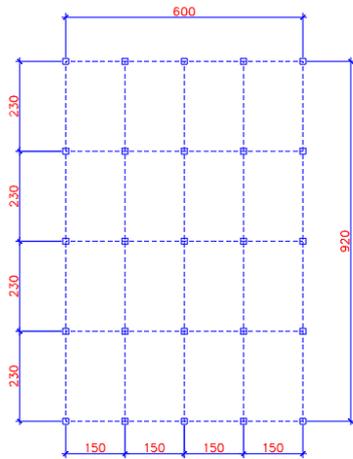
2. METODE / PERANCANGAN PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode simulasi komputasi dengan metode pemodelan struktur dengan menggunakan program Archicad v.25. Pemodelan struktur mengambil prototipe Rumah Bugis-Makassar dengan data-data mengenai struktur rumah panggung kayu yang ditinjau :

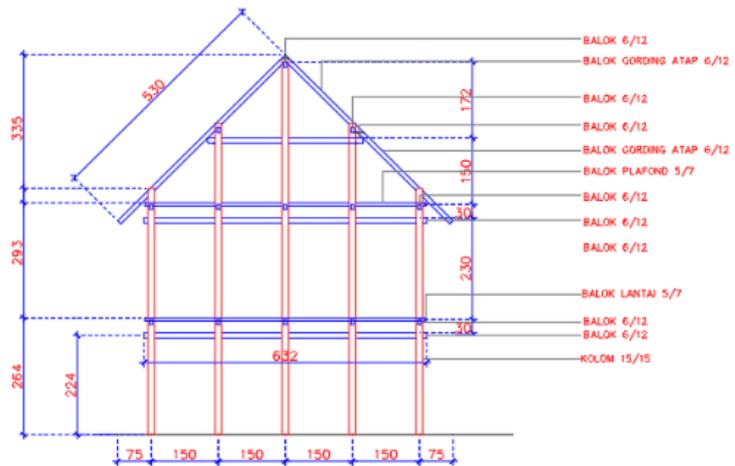
Fungsi bangunan	= Rumah Tinggal
Tinggi lantai1	= 2,64 m
Tinggi lantai 2	= 2,6 m
Tinggi atap	= 3,35 m
Panjang	= 6 m
Lebar	= 9,3 m
Mutu Kayu	= E13 dan kelas mutu A, E = 13771.83 Mpa, Emin = 6436.65 Mpa

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengumpulan informasi yang berhubungan dengan topik penelitian melalui studi literatur. Teknik Tradisional pada struktur rumah panggung di kabupaten Bima untuk ketahanan terhadap Gempa yang diteliti oleh Agus Haiyanto, Sugeng Tiyadi, dan Andy Widyowijatnoko (2020), menyatakan bahwa teknik struktur lokal, yaitu *pa'a* yang dikembangkan secara empiris oleh masyarakat selama bertahun-tahun dapat mengurangi

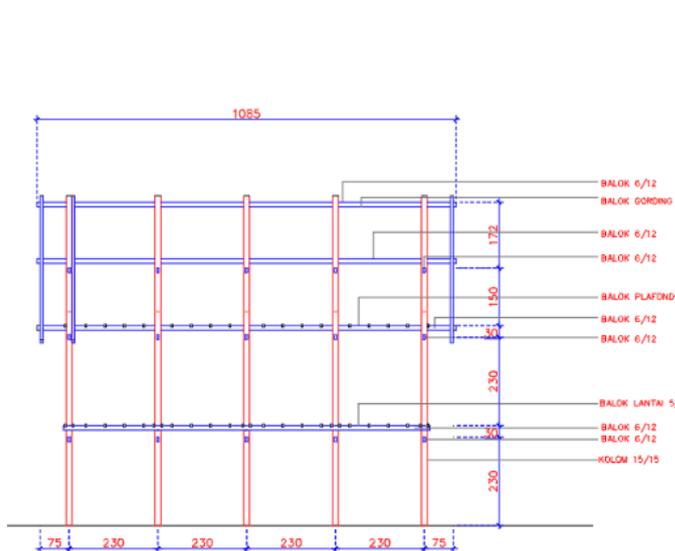
kerentanan rumah terhadap gempa [14]. Teknik ini ternyata memiliki persamaan dengan rangka struktur panggung suku Bugis-Makassar, yang digolongkan termasuk dalam sistem rangka dengan *rigid joint*. Kolom dibuat lubang persegi untuk memasukkan balok sebagai purus, kemudian diberi pasak untuk memperkuat sambungan (*fitting-type joint*). Jenis sambungan ini, yang disebut dengan sambungan purus. Tankrut, A.N. dan Tamkrut, N. (2005), yang meneliti bahwa sambungan kayu purus (*tenon*) dan lubangnya (*mortise*) dengan bentuk persegi lebih mampu menahan beban gaya luar dibandingkan dengan bentuk purus yang ujungnya lengkung [15]. Struktur Rumah panggung Bugis-Makassar terlihat seperti gambar dibawah ini :



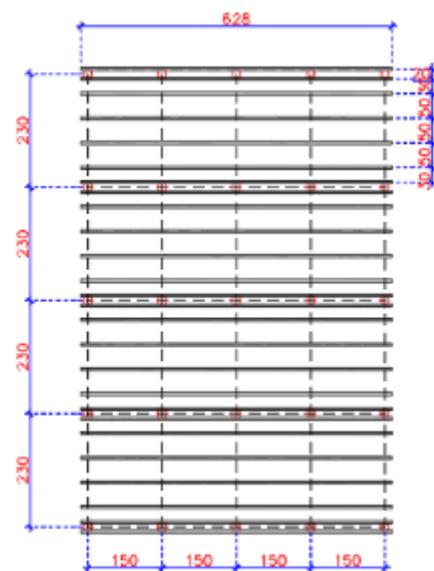
Gambar 1. Denah Struktur



Gambar 2. Tampak Depan Struktur



Gambar 3. Tampak Samping Struktur



Gambar 4. Denah Balok

Metode yang dilakukan dengan mengaplikasikan sistem *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Archicad 25 untuk membuat design struktur dalam bentuk 3D, menghitung volume komponen material, analisis struktur bangunan dan ekspor file model yang telah dibuat dari Archicad 25 ke dalam Aplikasi Autocad untuk dilakukan pendetailan eksisting bangunan sebelum dilakukan perenderan gambar maupun video menggunakan Aplikasi Artlantis.

Penerapan konsep BIM pada penelitian ini diawali dengan pembuatan model 3D suatu objek konstruksi menggunakan aplikasi Archicad 25. Elemen struktur yang dibuat dalam model objek konstruksi antara lain: pondasi umpak, kolom, balok dan rangka atap. Tahapan yang dilakukan setelah membuat elemen struktur yaitu melakukan pendetailan berupa sambungan-sambungan yang disesuaikan dengan data yang telah didapat dari konsultan perencana.

Setelah pembuatan model bangunan 3D, kemudian melakukan pengambilan output berupa informasi hasil analisis perhitungan volume dan detail potongan elemen struktur yang dibutuhkan. Hasil analisis perhitungan volume didapat dengan menggunakan Archicad 25, dilanjutkan dengan mengekspor hasil tersebut kedalam format Excel agar dapat diolah sedemikian rupa menyesuaikan format laporan yang diinginkan. Detail potongan elemen struktur didapat dengan memilih bagian elemen struktur yang akan dilihat detail potongannya, setelah mendapat detail potongan dari model 3D dilakukan export file kedalam format dwg untuk memperbaiki detail yang kurang sesuai dan memasukkannya ke dalam normalisasi laporan yang sudah disediakan.

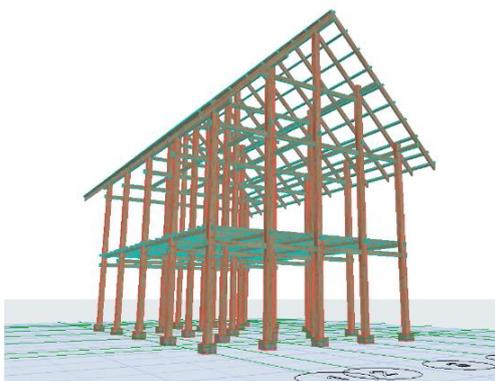
Langkah terakhir dari penelitian ini adalah merender model 3D yang telah dibuat dengan aplikasi Archicad 25 menggunakan aplikasi Artlantis. Meskipun Aplikasi Archicad 25 juga sudah mampu memperlihatkan visualisasi design secara real-time, namun sebagai upaya untuk memperlihatkan model terlihat lebih nyata maka penggunaan Aplikasi Artlantis dipilih. Aplikasi Artlantis difungsikan sebagai aplikasi untuk melakukan render model 3D dalam bentuk gambar dan video simulasi konstruksi. Perencanaan yang dicapai pada suatu proyek menerapkan konsep BIM adalah menghasilkan keluaran meliputi:

- a. Gambar arsitektur.
- b. Gambar struktur.
- c. Gambar utilitas (mekanikal dan elektrikal)
- d. Gambar lanskap.
- e. Rincian volume pelaksanaan pekerjaan.
- f. Rencana anggaran biaya

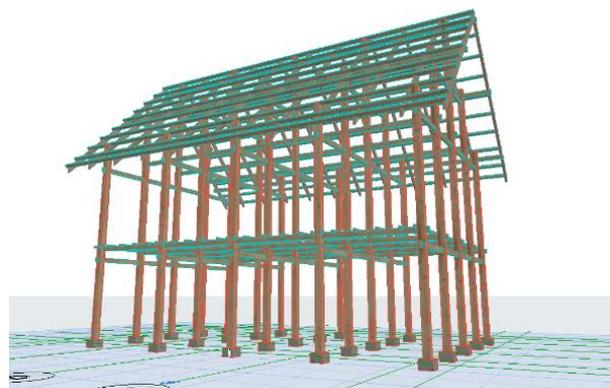
Pada penelitian ini, fokus out put dari pengaplikasian BIM adalah menghasilkan keluaran gambar struktur, rincian volume pelaksanaan pekerjaan, rencana anggaran biaya, dan gambar render real time.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan objek bangunan secara 3D menggunakan aplikasi Archicad 25 dibagi menjadi dua bagian utama yakni, antara lain struktur bagian bawah, struktur badan rumah, dan struktur bagian atas. Pemodelan dilakukan dengan membuat elemen struktur kolom, balok, rangka atap, dan sambungan pasak balok-kolom. Berikut adalah hasil pemodelan objek yang dilakukan pada penelitian ini :



Gambar 5. Pemodelan Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – View depan

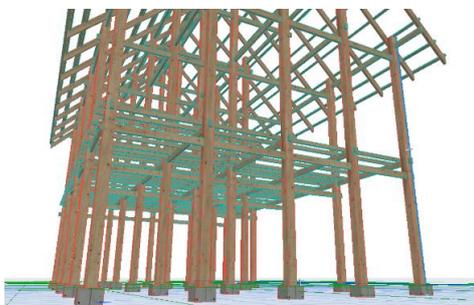


Gambar 6. Pemodelan Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – View samping

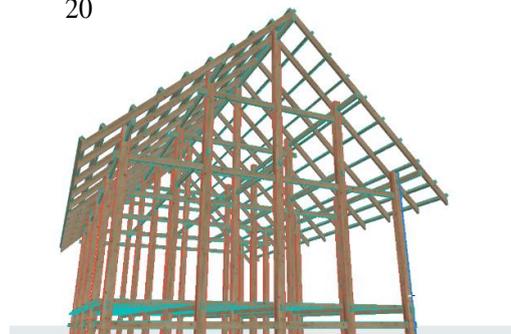
Fetch keluaran berupa informasi hasil analisis volumetrik dan detail elemen struktur yang dibutuhkan. Di bawah ini Tabel 1. adalah rekapitulasi perhitungan jumlah dan panjang elemen struktur dari model struktur bangunan :

Tabel 1. Rekap perhitungan jumlah elemen struktur

Komponen Elemen Struktur	Tinggi / Panjang (m)	Jumlah
<i>Alliri - 1</i> (Kolom - 15x15)	5,54	10
<i>Alliri - 2</i> (Kolom - 15x15)	7,03	10
<i>Sudduq</i> (Kolom - 15x15)	8,50	5
<i>Pattoloq riawa</i> (Balok pasak bawah - 6x12)	6,32	5
<i>Arateng</i> (Balok bawah - 6x12)	9,50	5
<i>Pattoloq riase</i> (Balok pasak atas - 6x12)	6,32	5
<i>Bareq</i> (Balok atas - 6x12)	9,50	5
<i>Aju Lekke</i> (Balok -6x12)	10,85	1
<i>Aju Te</i> (Balok miring- 6x12)	5,37	24
<i>Tunebba</i> (Balok lantai - 5x7)	6,32	24
Gording – Balok - 6x10	10,85	20



Gambar 7. Detail Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – Struktur bagian bawah



Gambar 8. Detail Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – Struktur badan rumah dan atap



Gambar 9. Potongan Melintang Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – Struktur bagian bawah

Gambar 10. Potongan Membujur Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – Struktur bagian bawah

Layer Name	Name	Components by Layers			
		Volume (Gross) [m3]	Volume (Net) [m3]	Area (Gross) [m2]	Area (Net) [m2]
RPB 01 - ALLIRI 01 - KOLOM 15X15	GENERIC - STRUCTURAL	1,20	1,20	---	---
			1,20 m³		0,00 m²
RPB 02 - ALLIRI 02 - KOLOM 15X15	GENERIC - STRUCTURAL	1,60	1,60	---	---
			1,60 m³		0,00 m²
RPB 03 - SUDDUQ - KOLOM 15X15	GENERIC - STRUCTURAL	0,95	0,95	---	---
			0,95 m³		0,00 m²
RPB 04 - PATTOLOQ RIAWA - BALOK 6X12	GENERIC - STRUCTURAL	0,20	0,20	3,35	3,35
			0,20 m³		3,35 m²
RPB 05 - ARATENG - BALOK 6X12	GENERIC - STRUCTURAL	0,30	0,30	5,05	5,05
			0,30 m³		5,05 m²
RPB 06 - PATTOLOQ RIASE - BALOK 6X12	GENERIC - STRUCTURAL	0,20	0,20	3,35	3,35
			0,20 m³		3,35 m²
RPB 07 - BAREQ - BALOK 6X12	GENERIC - STRUCTURAL	0,46	0,46	7,99	7,99
			0,46 m³		7,99 m²
RPB 08 - AJU LEKKE - BALOK 6X12	GENERIC - STRUCTURAL	0,17	0,17	3,01	3,01
			0,17 m³		3,01 m²
RPB 09 - AJU TE - BALOK 6X12	Timber - Roof	0,96	0,96	---	---
			0,96 m³		0,00 m²
RPB 10 - TUNEBBA - BALOK LANTAI 5X7	GENERIC - STRUCTURAL	0,50	0,50	11,00	11,00
			0,50 m³		11,00 m²
RPB 11 - BALOK GORDING - BALOK 6X10	GENERIC - STRUCTURAL	1,36	1,36	21,76	21,76
			1,36 m³		21,76 m²
RPB 12 - PONDASI UMPAK	GENERIC - STRUCTURAL	0,50	0,50	---	---
			0,50 m³		0,00 m²
			8,40 m³		55,51 m²

Gambar 11. Perhitungan otomatis standart Archicad – Volume Kayu Struktur Rumah Panggung

Setelah pemodelan selesai dilakukan, langkah selanjutnya yaitu menghitung kebutuhan material dan estimasi biaya. Pada tahapan ini fitur organizer digunakan untuk mendapatkan informasi yang terdapat pada setiap model yang sudah dimodelkan pada drawing area dengan cara mengklik *document* dan memilih *schedule* dan *component by layers*. Gambar 11 merupakan hasil *quantity takeoff* software Archicad untuk pekerjaan struktur rumah panggung Bugis-Makassar



Gambar 10. Render HDRI Sky Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – View Depan



Gambar 11. Render HDRI Sky Struktur Rumah Panggung dengan Archicad – View Samping

Tahap akhir dari penelitian ini adalah merender model 3D dalam bentuk gambar dan video untuk membantu memvisualisasikan model bangunan agar tampak secara *real-time*. Berikut Gambar 12 dan 13 merupakan hasil *render* model pada objek bangunan yang dijadikan tinjauan:



Gambar 12. Render Real Time Struktur Rumah Panggung dengan Artlantis – View Depan



Gambar 13. Render Real Time Struktur Rumah Panggung dengan Artlantis – View Samping

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan struktur dan konstruksi rumah panggung Bugis-Makassar terdiri dari : a) struktur bagian bawah, b) struktur badan rumah, dan c) struktur bagian atas. Struktur dari bawah ke atas terlihat satu kesatuan dengan menggunakan material kayu lokal. Secara garis besar terbentuk dari 3 elemen utama yaitu elemen vertical berupa kolom, elemen horizontal arah panjang berupa balok pengikat arah panjang, dan elemen horizontal arah lebar berupa balok pengikat arah lebar.

Pemodelan struktur bagian bawah, struktur badan rumah dan struktur bagian atas dilakukan dengan menggunakan metode pekerjaan yang sama, yaitu diawali membuat *grid* untuk selanjutnya dilakukan penyusunan elemen struktur beserta pendetailan sambungan dan langkah terakhir adalah melihat visualisasi hasil pemodelan.

1. Pengambilan informasi dari model Archicad 25 dalam penelitian ini adalah berupa:

a. Detail Gambar 2D (*Shop Drawing*)

Selain aplikasi Archicad 25, pendetailan gambar 2D pada penelitian ini juga menggunakan aplikasi AutoCAD karena dapat mempermudah dan mempercepat pekerjaan. Pada tinjauan ini Archicad 25 ditujukan untuk mengambil detail gambar 2D dari model 3D yang telah dibuat beserta merubah sebagian format sesuai kebutuhan, kemudian setelah itu dilanjut mengoperasikan Aplikasi AutoCAD yang berperan memasukkan model ke dalam normalisasi dan merapikan gambar.

b. Perhitungan Volume Komponen Material

Setelah memilih bagian mana saja yang ingin diketahui volumenya, dilanjutkan menganalisis volume dengan mengonfigurasi format template laporan yang diperlukan. Dalam ulasan ini juga perlu menggunakan Aplikasi Excel agar dapat memudahkan ringkasan dan tampilan hasil perhitungan.

2. Sebagai upaya agar mendapat hasil render gambar yang real dan video bisa mendapat hasil yang maksimal, maka dalam penelitian ini menggunakan beberapa aplikasi sekaligus yang dapat saling

terintegrasi (Archicad 25, Autocad, dan Artlantis). Tahapan pekerjaan yang diperlihatkan dalam video simulasi dan animasi mencakup pekerjaan persiapan lahan pekerjaan, perakitan, pemasangan elemen struktur bawah, struktur badan rumah, dan struktur atas, dan pekerjaan pemasangan pasak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Hasanuddin yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Juan, Y. K., Lai, W. Y., & Shih, S. G. (2017). *Building information modeling acceptance and readiness assessment in Taiwanese architectural firms. Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 356-367.
- [2]. Chen, Y., Yin, Y., Browne, G. J., & Li, D. (2019). *Adoption of building information modeling in Chinese construction industry: The technology-organization-environment framework. Engineering, Construction and Architectural Management*.
- [3]. Ghaffarianhoseini, A., Doan, D. T., Zhang, T., Naismith, N., & Tookey, J. (2016). *A BIM readiness & implementation strategy for SME construction companies in the UK*. In Proceedings of the 33rd CIB W78 Conference.
- [4]. Sacks, R. and Barak, R. (2010). *Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* , 136, 30-38.
- [5]. Succar, B. (2009). *Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. Automation in Construction*, 18, 357-375.
- [6]. Azhar, S. (2010). *Building Information Modeling (BIM): Trends Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. ASCE Journal of Leadership and Management in Engineering*, 11, 241-252.
- [7]. Sacks, Rafael., E, Chuck., Lee, G. , Teicholz, P. (2018). *BIM (Building Information Modeling) Handbook 3rd Edition*. New Jersey: John Wiley& Sons Press.
- [8]. Chae, Heegeon. (2017). *Architectural visualization of a BIM-based model 3D modelling and visualization*. Helsinki: Metropolia University.
- [9]. MacKinzie, Scott H, Rendek, Adam. (2015) *ArchiCAD 19 – The Definitive Guide*. Birmingham : Packt publishing.
- [10]. Graphisoft. (2015) *Archicad User Manual*, from <http://www.graphisoft.com>
- [11]. Mardanas dkk. 1985. *Arsitektur Tradisional Sulawesi Selatan*. Ujung Pandang: Depdikbud
- [12]. Tato, S. 2008. *Arsitektur Tradisional Sulawesi Selatan dari Masa ke Masa*. Makalah disajikan dalam Seminar Regional Arsitektur Rumah dan Perumahan Tradisional di Kawasan Timur Indonesia, Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Unhas dan BPTPT Makassar, Makassar 24 April 2008.
- [13]. Pelras,Christian. 2006.*Manusia Bugis*. Jakarta: Forum Jakarta-Paris
- [14]. Hariyanto, A. Dwi, T. Sugeng, W. Andry, 2020. *Teknik Tradisional Pada Struktur Rumah panggung Di Kabupaten Bima Untuk Ketahanan Terhadap Gempa*. Jurnal Lingkungan Binaan. Ruang Space. ISSN: 2355-570X
- [15]. Tankut, A.N., Tankut, N. 2005. *The Effects of Joint Forms (Shape) and Dimensions on The Strengths of Mortise and Tenon Joints. Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 6, 493-498.

