



Keunggulan Kompetitif Teknologi Modular Rumah Instan Sederhana dan Sehat (RISHA) Jayagiri

Competitive Advantages of Simple and Healthy Instant House (RISHA) Modular Technology Jayagiri

Mia Wimala^{1*}, Benjamin Bonardo², Wisena Perceka¹, Carissa^{3,4}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

²PT Magdatama Multi Usaha, Banten, Indonesia

³Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

⁴Program Studi Doktor Arsitektur, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

* Corresponding author miasoejoso@unpar.ac.id

Article history

Received: 16 March 2022

Accepted: 22 October 2022

Published: 30 October 2022

Abstract

The RISHA applied to the Jayagiri house was compared with conventional technology, in terms of construction duration, costs, and environmental friendliness. The strength of the RISHA structure was analyzed based on existing standards using SAP2000 and spColumn. The data were the literature studies and interviews with RISHA users, applicators, and the Directorate of Engineering Affairs for Human Settlements and Housing. Compared to conventional, the Jayagiri house is proven to be more eco-friendly with an efficiency value of 48.6 points. It was also built four weeks faster, with a lower cost of IDR123,043.90 per square meter, or 3.97%. The strength analysis shows that the capacity of the column reinforcement is still capable of carrying the designed load, the anchorage capacity of the X-direction beam has not met the requirements.

Keywords: RISHA, modular technology, precast concrete, structural strength, construction cost and duration.

Abstrak

RISHA yang diterapkan pada rumah Jayagiri dibandingkan dengan teknologi konvensional, dalam hal durasi konstruksi, biaya, dan ramah lingkungan. Kekuatan struktur RISHA dianalisis berdasarkan standar yang ada menggunakan SAP2000 dan spColumn. Data dari studi literatur dan wawancara dengan pengguna RISHA, aplikator, dan Direktorat Teknik Cipta Karya dan Perumahan. Dibandingkan dengan rumah konvensional, rumah Jayagiri terbukti lebih ramah lingkungan dengan nilai efisiensi 48,6 poin. Pembangunannya juga lebih cepat empat minggu, dengan biaya lebih murah Rp123.043,90 per meter persegi, atau 3,97%. Analisis kekuatan menunjukkan bahwa kapasitas tulangan kolom masih mampu memikul beban yang direncanakan, kapasitas ankur balok arah-X belum memenuhi persyaratan.

Kata kunci: RISHA, teknologi modular, beton pracetak, kekuatan struktur, biaya dan durasi konstruksi.

1. PENDAHULUAN

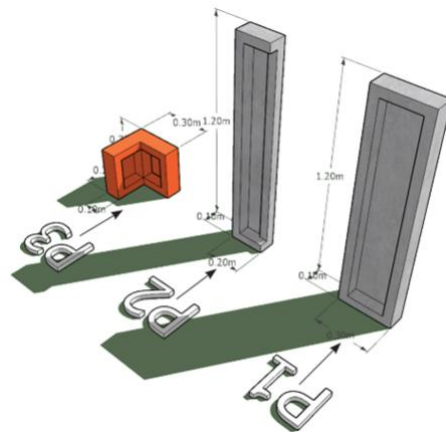
Rumah merupakan salah satu kebutuhan utama manusia yang harus dipenuhi untuk bertahan hidup. Bertambahnya populasi penduduk tentu saja akan berbanding lurus dengan peningkatan permintaan kebutuhan akan hunian rumah tinggal. Fenomena tersebut mendorong pihak pemerintah untuk mencari upaya yang dapat mengakomodasi jumlah kebutuhan rumah tinggal yang meningkat pesat dalam waktu yang singkat. Untuk memenuhi upaya tersebut, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (Puslitbangkim) pada tahun 2004 menciptakan sebuah teknologi konstruksi instan yang dinamakan Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA). RISHA merupakan pengembangan dari teknologi beton pracetak, atau biasa juga disebut dengan teknologi beton prapabrikasi. Teknologi ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif solusi bagi percepatan konstruksi berkualitas tinggi dengan penggunaan jumlah pekerja yang lebih sedikit dibandingkan dengan teknologi konvensional.

Dengan sistem *knockdown*, rumah berteknologi RISHA dapat dibongkar pasang dalam waktu yang singkat dan sekaligus dapat dijadikan sebagai rumah tumbuh (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015) (Wibowo, 2018) (Raihan dan Sulthan, 2020). Gambar 1 memperlihatkan tiga panel RISHA yang terdiri dari 2 panel struktural, yaitu P1 dan P2 yang dapat digunakan untuk membentuk komponen kolom dan atau balok, dan panel simpul atau penyambung, yaitu P3. Panel-panel tersebut kemudian dikonfigurasi sedemikian rupa untuk membentuk komponen dan menciptakan modul dengan ukuran panjang masing-masing sisi berkelipatan 1,8 dan 3 meter seperti yang dapat dilihat pada gambar 2 (Heston 2015) (Slamat 2019) (Wibowo 2018) (Primasetra 2020) (Direktorat Prasarana Strategis 2021) (Sagara, dkk., 2021).

RISHA diklaim memiliki beberapa parameter keunggulan sebagai berikut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015) (Gunarto, dkk., 2020):

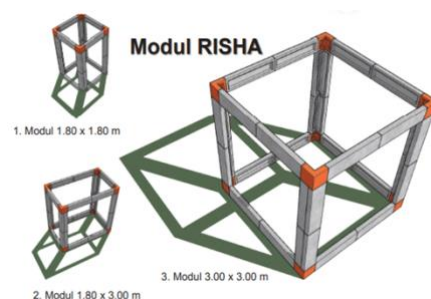
a. Sederhana baik dari bentuk, ukuran, maupun material yang digunakan.

- b. Cepat, di mana pemasangan panel RISHA untuk satu model Rumah Inti Tumbuh (RIT) dengan luas 36 meter persegi (T-36) hanya membutuhkan waktu sekitar sembilan jam dengan tiga sampai empat orang pekerja pada kondisi tanah ideal atau keras.
- c. Fleksibel, di mana RISHA dapat digunakan untuk berbagai jenis fungsi gedung.
- d. Ramah lingkungan, karena konsumsi kayu pada rumah berteknologi RISHA 0,45 kali lebih hemat dibandingkan pemakaian yang sama pada rumah konvensional.
- e. Kuat dan tahan lama berdasarkan hasil uji tekan, uji geser, uji lentur, dan *full-scale test* untuk bangunan RISHA dua lantai. Bangunan RISHA juga diklaim memiliki keandalan terhadap beban gempa pada zonasi 6 berdasarkan SNI 1726-2002.
- f. Berkualitas, terkait dengan sistem pracetaknya yang dapat menghasilkan produk dengan ukuran dan spesifikasi yang sama.



Gambar 1. Panel RISHA

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *n.d.*



Gambar 2. Modul RISHA

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *n.d.*

Meskipun belum menyeluruh, beberapa penelitian terdahulu telah membahas sebagian keunggulan RISHA tersebut, antara lain:

- a. Penerapan teknologi RISHA pada pembangunan rumah T-36 di Tempat Evakuasi Akhir (TEA) Kabupaten Magelang membutuhkan biaya struktur yang lebih murah, yaitu sebesar 10,85%, dibandingkan dengan rumah konvensional (Mudawarisman dan Sari 2020).
- b. Perhitungan biaya konstruksi untuk satu unit rumah RISHA T-36 di Kota Banjarmasin menunjukkan perbedaan sebesar 2,16% lebih murah dibandingkan dengan rumah konvensional (Rahayu, Rafik, dan Cahyani 2019).
- c. Penerapan teknologi RISHA pada rumah pascagempa di Kecamatan Tanjung, Kabupaten Lombok Utara dinilai mempunyai nilai efektivitas yang paling baik, yaitu 3,16 dibandingkan Rumah Instan Konvensional (Riko), dan Rumah Instan Kayu (Rika) menurut para penggunanya (Suta, dkk., 2020). Efektivitas ketiga jenis rumah tersebut dinilai berdasarkan ketahanan gempa, kesesuaian kebutuhan (desain, luas, dan peruntukkan ruang), kenyamanan, penggunaan material, rehabilitas hunian, waktu pembangunan, bantuan biaya pemerintah, keterlibatan Program Kerja Masyarakat (Pokmas) dan fasilitator pengelolaan biaya konstruksi, penambahan biaya yang dibebankan kepada penerima bantuan, swadaya masyarakat, serta kendala pembangunan.
- d. Dengan menggunakan *Capacity Spectra Method* (CSM), hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja struktur rumah berteknologi RISHA satu lantai terhadap beban gempa Indonesia dinilai masih kuat untuk dibangun di seluruh wilayah gempa Indonesia dengan kondisi tanah keras, sedang, dan lunak (Bachroni 2008).

Sangat penting bagi para penggunanya untuk mengetahui sejauh mana kelebihan yang dapat ditawarkan oleh bangunan berteknologi RISHA tersebut. Kurangnya informasi dan sosialisasi mengenai hal tersebut dapat mengakibatkan kurang pemahannya para calon pengguna akan konsep dan implementasi bangunan jenis

RISHA (Wibowo 2018) (Susanto, Zuryani, dan Kamajaya 2020). RISHA bahkan masih belum berhasil menciptakan minat beli yang masif setelah hampir dua dekade diciptakan (Iqbal dan Ujianto 2021). Jika hal ini berlanjut, maka dapat dipastikan bahwa penerapan RISHA di masa yang akan datang akan kalah bersaing dengan teknologi lain, termasuk juga dengan teknologi bangunan konvensional yang sudah lebih umum digunakan. Terlebih lagi karena sampai saat ini, masih ada stigma di kalangan masyarakat Indonesia bahwa rumah yang dibangun dengan teknologi pracetak lebih mahal, dan memiliki desain yang lebih kaku dibandingkan dengan rumah konvensional (Primasetra 2020; Baldwin, dkk., 2009).

Ketidaktahuan mengenai seberapa unggul teknologi RISHA ini juga dirasakan oleh seorang pemilik sekaligus penghuni rumah berteknologi RISHA di Jalan Jayagiri 2, Lembang, Jawa Barat. Dengan berbagai potensi pengembangan proyeknya ke depan, salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk memfasilitasi ketidaktahuan tersebut.

Perubahan standar sejak uji struktur RISHA yang pertama kali dilakukan pada tahun 2004 menjadi alasan utama dilakukannya kajian ulang terkait keunggulannya. Spesifikasi teknik panel RISHA sejak awal mengacu pada beberapa standar, antara lain SK SNI T-15-1991-03 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-1989 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, SNI 03-1727-1989-F tentang Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-2458-1991 tentang Metode Pengujian Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar, SNI 03-3976-1995 tentang Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SNI 15-2049-1994 tentang Semen Portland, serta SNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2004).

Standar-standar tersebut telah diperbaharui dan selanjutnya akan dipertimbangkan pada perhitungan kekuatan struktur pada penelitian ini untuk mendapatkan kajian yang lebih sesuai dengan kondisi eksisting. Beberapa standar

yang diacu antara lain SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Selain itu, batasan kajian mengenai keunggulan RISHA lainnya yang telah dilakukan sebelumnya oleh Puslitbangkim atau yang sekarang dikenal sebagai Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan (BinTek PP) hanya ditinjau dari beberapa parameter dengan batasan seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah untuk menghasilkan kajian keunggulan teknologi RISHA yang lebih terkini dan komprehensif, terutama dilihat dari segi durasi waktu pembangunan, biaya konstruksi, keramahan lingkungan, dan juga kekuatan strukturnya.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mix-method* yang menggabungkan penelitian secara kualitatif dan kuantitatif. Pengumpulan data diperoleh dari kajian literatur dan wawancara dengan beberapa pihak, yaitu pemilik rumah berteknologi RISHA, aplikator RISHA, fungsional perekayasa dan *research engineer* BinteK PP, serta Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES., Direktur Pusat Pengelolaan Dana Pembiayaan Perumahan (PPDPP), sebagai pelopor teknologi pracetak sederhana RISHA.

Data yang dimaksud meliputi *Work Breakdown Structure* (WBS) beserta urutan kegiatan konstruksi untuk kedua jenis rumah, kondisi eksisting terkait aplikator RISHA, rantai pasok panel RISHA, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan *as-built drawing* rumah berteknologi RISHA. Data tersebut selanjutnya digunakan dalam analisis perbandingan antara rumah berteknologi RISHA Jayagiri sebagai studi kasus dengan rumah konvensional yang diasumsikan serupa untuk mendapatkan efisiensi dari parameter yang ditinjau.

Sebagai pembanding RAB rumah RISHA Jayagiri, RAB rumah konvensional akan dihitung dengan mengacu kepada *as-built drawing* rumah RISHA yang telah disesuaikan

untuk rumah konvensional, dan Analisis Harga Satuan (AHS) yang digunakan oleh aplikator RISHA yang mengerjakan pembangunan rumah RISHA Jayagiri pada tahun 2017.

Untuk perencanaan jadwal konstruksi, beberapa asumsi, seperti jumlah pekerja dan jumlah hari kerja, dipertimbangkan dalam perhitungannya. Rumah konvensional diasumsikan dikerjakan oleh delapan orang pekerja per hari selama waktu pembangunannya, sementara rumah RISHA Jayagiri menggunakan masing-masing empat orang pekerja per harinya yang dibagi ke dalam dua periode. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak aplikator RISHA, grup pekerja yang terlibat pada pekerjaan rangka struktur RISHA selama periode pertama merupakan pekerja yang sangat terampil yang telah mengikuti pelatihan yang diadakan oleh Puslitbangkim. Selanjutnya, grup pekerja non-terampil akan melakukan pekerjaan *finishing* pada periode kedua.

Pembahasan parameter selanjutnya terkait dengan keramahan lingkungan akan menyoroti penggunaan beton sebagai material utama yang digunakan, baik secara pracetak maupun *cor in-situ* dengan memperhitungkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap *green construction*. Jumlah penggunaan beton yang signifikan perlu diperhitungkan terkait dengan banyaknya dampak negatif kepada lingkungan yang terhasil selama siklus hidupnya dalam bentuk limbah (*waste*) dan emisi karbon. Sebelumnya, kajian awal RISHA hanya membahas tentang jumlah penggunaan kayu dalam konteks keramahan lingkungan. Pada penelitian ini penilaian tingkat keramahan lingkungan suatu bangunan akan dikaji menggunakan *Green Concrete Scoring System* (GCSS) yang memperhitungkan beberapa faktor, yaitu limbah konstruksi (25,65%), keselamatan, kenyamanan, dan kesehatan kerja (24,11%), kualitas hasil pekerjaan beton (23,07%), penggunaan sumber daya manusia, air dan energi (12,80%), perencanaan *site layout* terkait penyimpanan dan proteksi material (7,88%), waktu konstruksi (3,44%), dan pemanfaatan sumber daya lokal (3,06%). Berdasarkan Chandra (2021), penerapan teknologi beton pracetak menggunakan GCSS dapat memperoleh nilai total sebesar 86, dan beton konvensional sebesar 14. Selanjutnya,

rumus yang dapat digunakan pada kasus umum dapat dilihat pada rumus 1.

Nilai Akhir Keramahan Lingkungan

$$= 100 \times \left(\left(\frac{V_{\text{konvensional}}}{V_{\text{total}}} \times 0,14 \right) + \left(\frac{V_{\text{pracetak}}}{V_{\text{total}}} \times 0,86 \right) \right) \quad \dots(1)$$

dengan nilai akhir yang menunjukkan tingkat keramahan lingkungan penggunaan beton dalam suatu bangunan, V menunjukkan volume beton yang digunakan dalam meter kubik.

Kekuatan struktur dari rumah RISHA Jayagiri juga akan dikaji pada penelitian ini mengingat rumah ini terdiri dari dua lantai dengan menggunakan lantai dak keraton. Hal ini sedikit berbeda dengan kajian dan uji rumah RISHA yang telah dilakukan oleh Puslitbangkim sebelumnya, yang membatasi pemakaian RISHA pada rumah dua lantai dengan opsi lantai kayu ataupun bondeks, ditambah lagi dengan *full-scale model* tes yang hanya dilakukan pada rumah RISHA satu lantai.

Kajian keandalan struktur rumah berteknologi RISHA dimulai dengan pemodelan bangunan menggunakan program SAP2000 berdasarkan denah yang dipilih. Penampang kolom dan balok didefinisikan berdasarkan konfigurasi komponen panel P1 dan P2. Properti material yang digunakan juga disesuaikan dengan material yang digunakan pada rumah berteknologi RISHA. Pembebanan struktur yang diaplikasikan pada model struktur terdiri dari beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Berdasarkan hasil wawancara terhadap pihak Bintek PP, sambungan antara komponen, seperti balok dengan kolom, tidak kaku seperti halnya struktur beton bertulang konvensional. Pada saat bangunan menerima beban lateral dan harus berdeformasi, putaran pada tumpuan balok yang memiliki suatu nilai sudut θ akan terjadi. Oleh karena itu, untuk membuat model struktur yang representatif, suatu pegas rotasi dengan nilai kekakuan terbatas perlu dimodelkan. Sebagai langkah akhir, kapasitas tulangan kolom dan balok pada bangunan akan diperiksa untuk memastikan apakah kedua komponen tersebut dapat menahan gaya dalam geser, momen, dan kombinasi aksial momen (khusus pada kolom) akibat beban yang bekerja. Analisis kapasitas penampang dalam memikul kombinasi aksial dan momen akan dilakukan dengan menggunakan program

aplikasi SpColumn, sedangkan untuk kapasitas penampang balok akan dihitung secara konvensional. Mengingat bahwa tulangan pada teknologi RISHA tidak menerus dari satu komponen ke komponen yang lainnya, tulangan tumpuan pada balok akan dihitung dengan meninjau angkur/sambungan yang menyambung komponen balok dengan *joint*.

2.1 Studi Kasus: RISHA Jayagiri

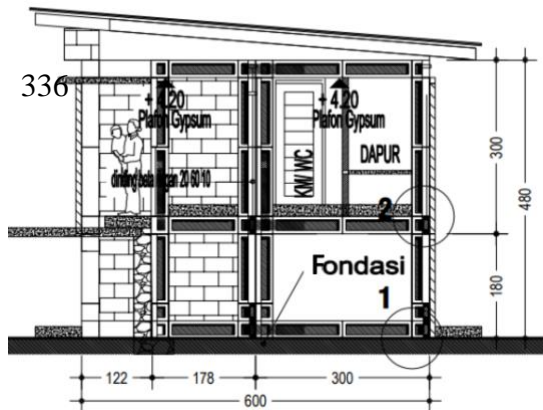
Seperti yang dapat dilihat pada gambar 3 (denah lantai 1 dan 2), 4 (potongan), dan 5 (foto tampak depan) rumah berteknologi RISHA Jayagiri memiliki fungsi sebagai hunian dengan luas total bangunan sebesar 64,8 meter persegi. Rumah ini terdiri dari dua lantai setinggi 4,8 meter dengan tinggi lantai pertama sebesar 1,8 meter dan tinggi lantai kedua sebesar 3 meter.



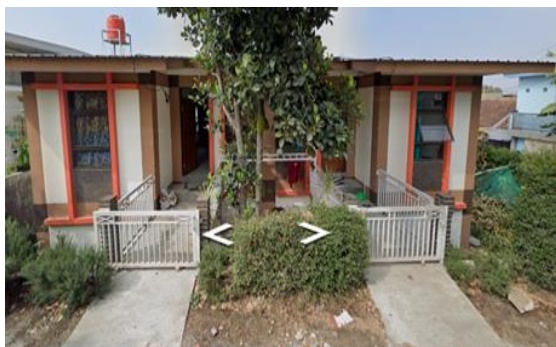
Gambar 3. Denah rumah RISHA Jayagiri
Sumber: Aplikator RISHA Jayagiri, 2017

Dalam melakukan analisis perbandingan di antara kedua jenis rumah dengan desain yang

serupa, terdapat beberapa penyesuaian yang perlu dilakukan untuk rumah konvensional karena tidak semua karakteristik desain rumah berteknologi RISHA dapat diaplikasikan pada rumah konvensional.



Gambar 4. Potongan rumah RISHA Jayagiri
Sumber: Aplikator RISHA Jayagiri, 2017



Gambar 5. Foto rumah RISHA Jayagiri
Sumber: Google Street View, 2018

Beberapa penyesuaian tersebut antara lain sebagai berikut.

- a. Penyesuaian terhadap komponen struktur seperti sloof, kolom dan balok. Pada bangunan RISHA, komponen-komponen tersebut dibentuk dari panel P1, P2, dan P3, sedangkan pada bangunan konvensional komponen tersebut dibentuk secara utuh dari beton cor *in-situ* dengan masing-masing ukuran untuk sloof, kolom, dan balok yaitu 13 sentimeter x 25 sentimeter, 15 sentimeter x 15 sentimeter, dan 13 sentimeter x 25 sentimeter dengan tulangan utama 4D10 dan sengkang Φ 8-150 milimeter.
- b. Penyesuaian terhadap bagian fondasi. Berdasarkan *as-built drawing* yang diperoleh dari aplikator RISHA Jayagiri,

rumah berteknologi RISHA tersebut menggunakan fondasi telapak dengan dimensi 60 sentimeter x 60 sentimeter x 60 sentimeter. Di sisi lain desain fondasi yang direncanakan pada rumah konvensional dengan asumsi beban 200 kilogram per meter persegi adalah fondasi telapak berbentuk trapesium dengan lebar atas 80 sentimeter, lebar bawah 100 sentimeter, dan tinggi 100 sentimeter. Perbedaan dimensi fondasi di antara kedua jenis rumah tersebut disebabkan karena adanya perbedaan beban yang diterima oleh masing-masing fondasi. Bentuk panel RISHA yang tidak penuh menyebabkan komponen balok dan kolomnya lebih ringan dibandingkan dengan komponen beton konvensional.

Sementara itu, dinding dan pelat lantai yang digunakan dalam perhitungan adalah sama, yaitu menggunakan dinding bata beton ringan Hebel (tebal 10 sentimeter) dan dak keraton. Penggunaan jenis material yang sama tersebut dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas akan perbedaan biaya konstruksinya. Namun, analisis menggunakan dinding bata merah ½ batu (tebal 15 sentimeter) pada rumah konvensional seperti pada lazimnya juga akan dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aspek Biaya Konstruksi

Berdasarkan analisis biaya konstruksi yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa rumah berteknologi RISHA membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan rumah konvensional. Dari hasil perhitungan, biaya konstruksi rumah berteknologi RISHA adalah Rp2.979.207,84 per meter persegi, sedangkan biaya konstruksi untuk rumah konvensional dengan dinding bata merah adalah Rp3.102.251,74 per meter persegi. Perbedaan biaya di antara kedua teknologi ini sebesar Rp123.043,90 per meter persegi atau sekitar 3,97%. Perbedaan biaya konstruksi dari kedua jenis rumah ini muncul pada *item* pekerjaan struktural, serta pekerjaan fondasi dan galian tanah (tabel 1).

Biaya yang dianggarkan untuk *item* pekerjaan struktural mengalami perbedaan karena jenis teknologi beton yang digunakan. Teknologi RISHA memakan biaya yang lebih mahal dikarenakan adanya biaya *erection* dan

mobilisasi panel ke lokasi proyek. Dalam hal ini, *erection* dan mobilisasi panel RISHA memakan biaya sebesar Rp1.519.671,00 atau sebesar 2,02% dari total biaya pekerjaan

struktural. Pada *item* pekerjaan fondasi dan galian tanah, perbedaan terjadi karena beban yang dipikul oleh rumah konvensional lebih besar.

Tabel 1. Rincian anggaran biaya untuk berbagai jenis rumah

No	Uraian Pekerjaan	Harga (Rp)		
		Konvensional (Bata Merah)	Konvensional (Bata Hebel)	RISHA Jayagiri
1.	Pekerjaan persiapan	2.929.916	2.929.916	2.929.916
2.	Pekerjaan fondasi dan galian tanah	13.588.322	13.588.322	9.315.525
3.	Pekerjaan struktural	71.264.386	71.264.386	75.284.057
4.	Pekerjaan lantai	8.960.509	8.960.509	8.960.509
5.	Pekerjaan dinding	35.364.723	27.658.579	27.658.579
6.	Pekerjaan pintu dan jendela	16.706.691	16.706.691	16.706.691
7.	Pekerjaan atap	18.975.000	18.975.000	18.975.000
8.	Pekerjaan plafond	9.131.455	9.131.455	9.131.455
9.	Pekerjaan plumbing dan sanitari	12.685.641	12.685.641	12.685.641
10.	Pekerjaan listrik	6.650.734	6.650.734	6.650.734
11.	Pekerjaan pengecatan	4.768.532	4.754.557	4.754.557
Total		201.025.913	193.305.793	193.052.668
Harga (Rp/m²)		Rp3.102.251,74	Rp2.983.114,09	Rp2.979.207,84
Selisih terhadap Harga RISHA Jayagiri (Rp/m²)		Rp123.043,90	Rp3.906,25	0

Seperti yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian, dinding yang dirancang pada rumah berteknologi RISHA menggunakan bata beton ringan Hebel, begitu pula dengan dinding rumah konvensional. Selain ringan, bata beton ringan Hebel digunakan karena jenis material ini memiliki tebal sebesar 10 cm yang sesuai dengan tebal kolom RISHA. Namun, pada kenyataannya, rumah konvensional pada umumnya masih menggunakan bata merah dengan tebal sekitar 15 cm. Perubahan material dinding rumah konvensional dari bata beton ringan Hebel menjadi bata merah juga akan memengaruhi perbedaan biaya dengan cukup signifikan. Berdasarkan data yang diberikan oleh aplikator RISHA, analisis harga satuan untuk 1 meter persegi pekerjaan dinding bata merah ½ batu adalah Rp220.359,19, sementara untuk pekerjaan dinding Hebel adalah Rp164.360,20. Meskipun harga satuan bata beton ringan Hebel hampir 6 kali lebih mahal dari bata merah, dengan harga pekerja yang sama, harga material mortar untuk siar antar bata pada dinding bata merah adalah lebih mahal. Hal ini disebabkan luas permukaan dari bata merah lebih besar dibandingkan dengan bata beton ringan Hebel. Hal ini menyebabkan perbedaan biaya untuk *item* pekerjaan dinding

pada kedua jenis rumah sebesar Rp7.706.144,00 atau 21,8%.

Berdasarkan skenario tersebut, dapat disimpulkan beberapa faktor yang bervariasi akan memengaruhi juga total biaya konstruksi rumah berteknologi RISHA, yaitu:

- Kompleksitas desain bangunan. Semakin kompleks desain tersebut, maka biaya yang akan dikeluarkan juga semakin besar. Pada mulanya teknologi RISHA dikembangkan untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dengan rumah 1 lantai T-36. Penambahan jumlah dan luas lantai bangunan akan memengaruhi volume dari kebutuhan struktur bangunan dan berakibat kepada biaya konstruksinya.
- Modifikasi RISHA. RISHA didesain sebagai rumah yang dapat dibongkar pasang (*knock-down*). Mayoritas dari komponen non struktural dan utilitasnya, seperti dinding, jendela, dan pintu, kamar mandi, dan atap terbuat dari partisi dari kayu yang dapat dengan mudah dibongkar pasang juga. Perubahan jenis material dari masing-masing komponen tersebut akan memengaruhi biaya konstruksinya.

c. Lokasi produksi panel RISHA. Tidak semua aplikator termasuk ke dalam klasifikasi aplikator aktif, di mana aplikator dapat membuat cetakan dan memproduksi panel RISHA. Selain itu, ketersediaan aplikator RISHA juga belum tersebar secara merata di wilayah Indonesia. Dari 59 aplikator RISHA di seluruh Indonesia, yang terdaftar di Kementerian PUPR, hanya 29 aplikator saja yang dapat memproduksi panel RISHA (termasuk mur, baut, dan pelat lengkap untuk unit rumah setara T-36) dengan kapasitas sekitar 1.324 unit per bulan (Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan 2021). Sementara itu, jumlah dan lokasi aplikator yang dapat memproduksi tersebut adalah 12 di Nusa Tenggara Barat, 5 di Sulawesi Tengah, 5 di Jawa Barat, 4 di Jawa Timur, serta 1 masing-masing di Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Bali (Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan 2021). Hal ini sering kali menyebabkan mahalnya biaya rumah berteknologi RISHA akibat kendala rantai pasok dan biaya mobilisasinya. Meskipun demikian, pada studi kasus rumah RISHA Jayagiri, sejumlah 130 panel P1, 48 panel P2, dan 63 panel P3 dikirim dari salah satu *workshop* yang berlokasi di Cileunyi, Jawa Barat, sekitar 36 km dari lokasi proyek, sehingga proyek ini tidak memerlukan biaya mobilisasi yang cukup besar.

3.2 Aspek Durasi Konstruksi

Dari aspek durasi pembangunan, hasil analisis menyatakan bahwa rumah berteknologi RISHA seluas 64,8 meter persegi ini membutuhkan durasi pembangunan yang lebih singkat, yaitu selama 9 minggu dibandingkan konstruksi rumah konvensional yang membutuhkan waktu selama 13 minggu, atau dengan kata lain, perbedaannya adalah 4 minggu atau sekitar 30,77%. Perbedaan durasi konstruksi dari kedua jenis rumah ini disebabkan oleh teknologi yang digunakan dalam membentuk komponen struktural dari masing-masing jenis rumah. Teknologi RISHA yang hanya perlu disambung satu sama lain menggunakan mur baut dan pelat membutuhkan durasi pembangunan yang jauh lebih singkat dibandingkan rumah konvensional yang masih

memanfaatkan beton cor *in-situ*. Prosedur pengecoran *in-situ* perlu dilakukan secara berurutan, mulai dari aktivitas pemasangan bekisting, penulangan, pengecoran dan pembongkaran bekisting. Tentu saja aktivitas yang terakhir membutuhkan waktu yang cukup lama sebelum akhirnya komponen beton cukup kuat untuk menahan beban yang direncanakan.

Penjadwalan kerja pembangunan kedua jenis rumah disajikan dalam bentuk *bar chart* yang dapat dilihat pada gambar 6a dan 6b. Sama seperti analisis biaya, variasi durasi pembangunan rumah berteknologi RISHA dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tingkat keterampilan tenaga kerja, jenis material yang digunakan pada masing-masing komponen, baik struktural maupun non-struktural, dan seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mobilisasi panel RISHA.

3.3 Aspek Keramahan Lingkungan

Dengan menggunakan rumus 1 pada GCSS, hasil perhitungan menunjukkan bahwa struktur rumah berteknologi RISHA memiliki nilai keramahan lingkungan yang lebih tinggi, yaitu sebesar 86, dibandingkan dengan rumah konvensional sebesar 37,4 (tabel 2).

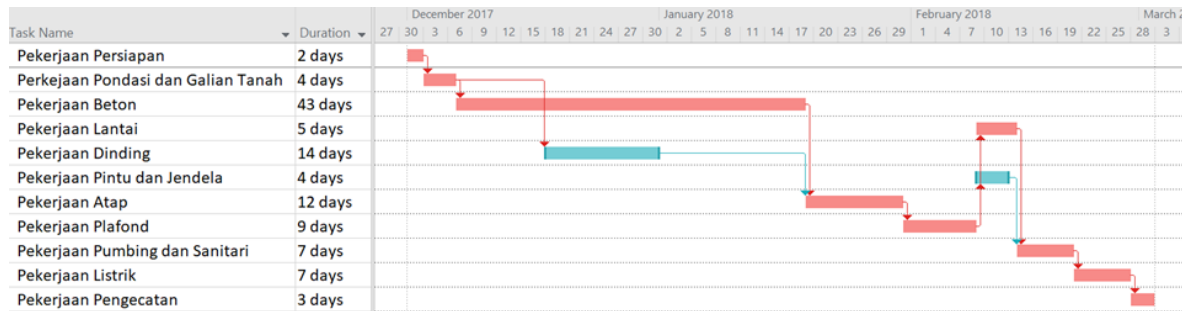
Tabel 2. Perhitungan GCSS

Jenis Beton	Volume Beton (m ³)	
	Rumah Konvensional	RISHA Jayagiri
Beton pracetak (struktur)	0	5,2
Beton cor <i>in-situ</i> (struktur)	18,1	0
Beton pracetak (dinding bata beton ringan Hebel)	8,7	8,7
Volume total	26,8	13,9
Nilai Akhir GCSS	37,40	86

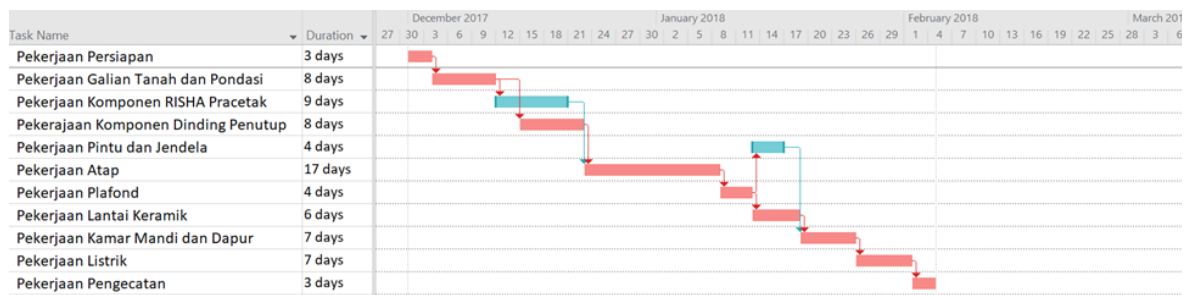
Nilai akhir ini hanya memperhitungkan penggunaan beton untuk pekerjaan struktur dan dinding, tidak memperhitungkan adanya pekerjaan jembatan akses masuk rumah yang masih menggunakan beton cor *in-situ* seperti yang terlihat pada gambar 3. Dengan luasan yang sama, rumah berteknologi RISHA hanya memerlukan beton sebanyak 13,9 meter kubik, sementara rumah konvensional 26,8 meter kubik sehingga dampak lingkungan yang dapat dihasilkannya juga dapat diminimalisasi. Perlu dicatat bahwa volume beton pada rumah

konvensional tersebut tidak memperhitungkan limbah yang dihasilkan akibat pelaksanaan di lapangan. Jika hal tersebut diperhitungkan,

maka nilai akhir yang diperoleh rumah konvensional akan semakin kecil.



(a)



(b)

Gambar 6. Jadwal pembangunan: a) rumah konvensional, b) rumah berteknologi RISHA

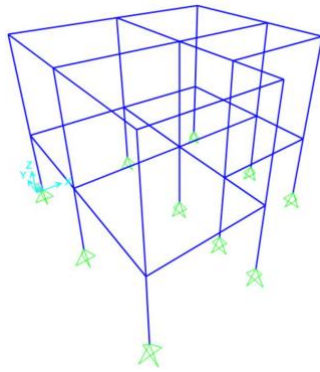
Hasil perhitungan tersebut sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu terkait beton pracetak dan kontribusinya kepada lingkungan. Beton pracetak dibuktikan dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan secara umum sebesar 12.2% dibandingkan beton konvensional (López-Mesa, dkk., 2009). Selain itu, beton pracetak juga berpengaruh terhadap kontribusi pengurangan jumlah pekerja, pemakaian air dan energi, serta limbah (*waste*) dari produksi beton maupun pada saat konstruksi bahkan sampai dengan 52% (L. Jaillon, Poon, dan Chiang 2009; Lara Jaillon dan Poon 2014; Wang, dkk., 2018; Hao, dkk., 2020; Baldwin, dkk., 2009; Ding, Wang, dan Zou 2016). Dibandingkan dengan beton konvensional, beton pracetak juga disinyalir dapat menghasilkan 10% emisi karbon lebih rendah untuk setiap 1 meter kubik (Dong, dkk., 2015).

3.4 Aspek Kekuatan Struktur RISHA

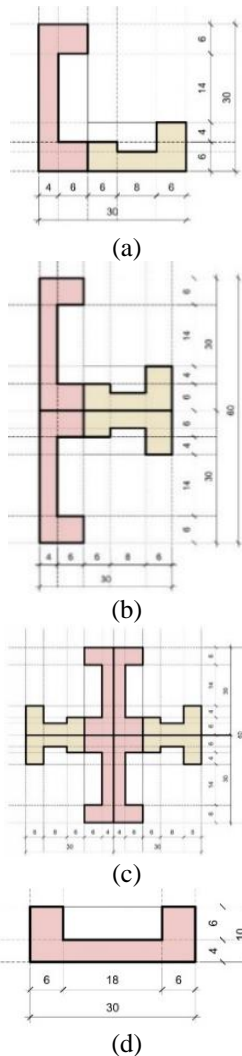
Aspek terakhir yang akan dijadikan faktor pembanding adalah aspek kekuatan struktur bangunan berteknologi RISHA. Analisis ini

dilakukan dengan pemodelan struktur dengan bantuan perangkat lunak untuk analisis struktur (gambar 7).

Sebelum itu, spesifikasi material serta penampang komponen struktur juga dimodelkan terlebih dahulu seperti yang tampak pada gambar 8. Kekuatan tekan beton (f_c') yang digunakan dalam analisis adalah 25 MPa, di mana nilai kekuatan tekan tersebut sesuai dengan standar yang digunakan oleh Bintek PP. Selanjutnya, kekakuan rotasi dihitung untuk setiap sambungan di panel struktural yang dimodelkan sebagai elemen pegas (*spring*). Pada sambungan yang mengalami rotasi, kekakuan struktur akan berubah jika dibandingkan dengan keadaan semula (Budio, 2011).



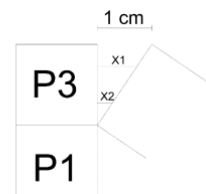
Gambar 7. Model 3D Rumah RISHA Jayagiri



Gambar 8. (a) kolom sudut, (b) kolom eksterior, (c) kolom interior, (d) balok eksterior (satuan dalam sentimeter)

Pada penelitian ini sambungan antar panel RISHA akan menggunakan *release partial fixity*. Kekakuan rotasi dihitung dengan meninjau celah pada panel penyambung (P3)

dan baut angkur terhadap kolom dan balok yang disambunginya. Celah pada sambungan ini muncul karena bangunan berteknologi RISHA memiliki sambungan yang tidak sepenuhnya *rigid*. Jika terdapat gaya yang bekerja pada bangunan tersebut, sambungan antar panel akan mengalami rotasi dan memunculkan celah pada panel penyambung (P3). Berdasarkan hasil wawancara dengan para peneliti di Bintek PP, bukaan panel penyambung (P3) terhadap balok dan kolom yang disambunginya diasumsikan sebesar 1 cm (gambar 9). Kekakuan rotasi untuk tiap panel RISHA dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 9. Ilustrasi celah sambungan antar panel

Tabel 3. Kekakuan rotasi tiap komponen RISHA

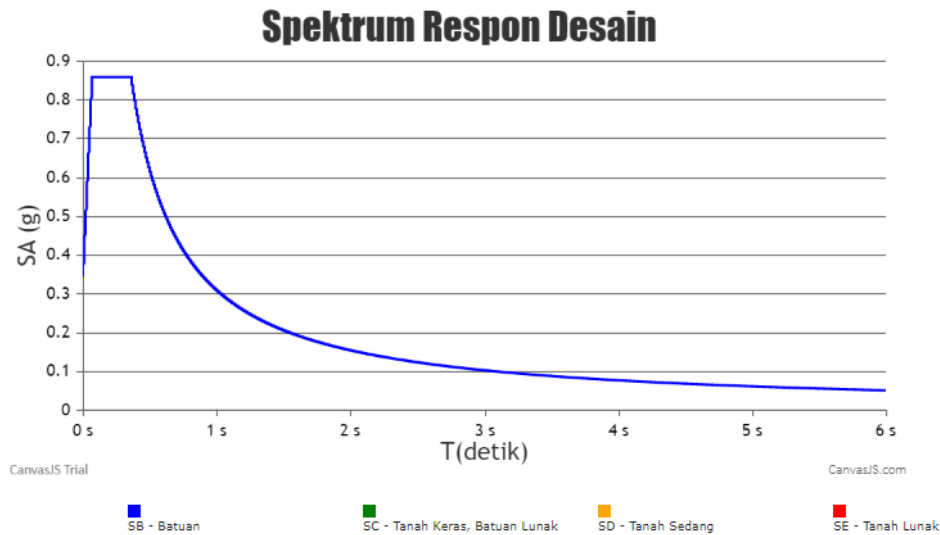
Komponen	Kekakuan Rotasi	
	Arah Mayor (N-mm/rad)	Arah Minor (N-mm/rad)
Kolom Sudut	6.884.116.500	19.082.790.022
Kolom Eksterior	29.783.464.527	38.165.580.044
Kolom Interior	59.566.929.053	94.141.764.108
Balok	6.884.116.500	-

Dengan kombinasi beban yang mengacu kepada SNI 1726:2019, pembebanan yang akan diperhitungkan terdiri dari:

- Berat sendiri struktur (DL/*Dead Load*) yang telah dihitung secara otomatis oleh program analisis struktur.
- Berat mati tambahan (SDL/*Superimposed Dead Load*), terdiri dari beban pelat dak keraton 1,89 kN/m, beban keramik 0,315 kN/m, beban dinding 0,16 kN/m, dan beban atap 0,5 kN/m².
- Beban hidup (LL/*Live Load*), terdiri dari beban pelat 2,42 kN/m, beban atap 0,96 kN/m².
- Beban gempa desain dalam arah x dan y (EQx dan EQy) dengan respons spektrum desain seperti pada gambar 10. Adapun parameter yang diperoleh adalah: S_s (parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen) = 1,4372, S_1 (parameter

percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen) = 0,5859, T_L (peta transisi periode panjang) = 6 detik, F_a (koefisien situs untuk periode pendek pada periode 2 detik) = 1,2, F_v (koefisien situs untuk periode panjang

pada periode 1 detik) = 1,4141, S_{DS} (parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5%) = 1,1498, dan S_{D1} (parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5%) = 0,5523.



Gambar 10. Parameter respons spektrum

Setelah parameter respons spektrum ditentukan, langkah selanjutnya adalah memilih jenis sistem struktur apa yang digunakan pada bangunan yang dimodelkan, di mana di penelitian ini adalah sistem rangka beton pemikul momen biasa. Sistem struktur akan menentukan faktor R (koefisien modifikasi respons), Cd (faktor pembesaran defleksi), dan Ω (faktor kuat lebih sistem) yang akan dipilih mengacu kepada dari SNI 1726:2019, yaitu 3, 3, dan 2,5 secara berturutan.

Jika pemodelan bangunan serta beban sudah dimasukkan ke dalam aplikasi, penulangan pada komponen struktur perlu dicek kembali untuk mengetahui apakah tulangan tersebut dapat memikul beban dan momen yang didapat dari hasil pemodelan melalui diagram interaksi kolom dan balok. Pemodelan bangunan berteknologi RISHA yang dilakukan pada program analisis struktur menghasilkan gaya aksial dan momen ultimit yang harus dipikul oleh tiap jenis kolom. Kapasitas kolom dalam memikul gaya aksial dan momen ultimit selanjutnya dapat diketahui, dengan memastikan apakah gaya aksial dan momen dari hasil analisis struktur masih berada di

dalam kurva interaksi aksial-momen atau tidak. Selanjutnya, dapat disimpulkan gaya aksial dan momen ultimit dapat dipikul oleh kolom struktur RISHA (tabel 4).

Sementara itu, pemeriksaan tulangan pada balok dilakukan baik pada tumpuan maupun lapangan. Hasil dari pemeriksaan kapasitas tulangan lapangan dan tumpuan dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 4. Beban aksial dan momen maksimum

Jenis Kolom	Beban Aksial (kN)	Momen Arah X (kNm)	Momen arah Y (kNm)
Sudut	31,78	0	0
	1,29	4,80	3,55
	3,35	2,88	3,67
Eksterior	49,5	0	0
	25,43	6,95	6,93
	8,66	5,14	7,29
Interior	43,95	0	0
	38,12	14,81	14,28
	15,35	14,5	14,38

Tabel 5. Kapasitas tulangan lapangan balok

Jenis Balok	ϕM_n (Nmm)	M_u+ (Nmm)	M_u- (Nmm)
Eksterior	13.344.671,2	7.779.300	10.386.500
Interior	6.672.335,6	6.361.700	6.200.100

Tabel 6. Kapasitas tulangan tumpuan balok

Arah Balok	M _{max} (kNm)	T	P _{max} (kN)	ØP (kN)
X	10,39	34,62	31,67	28,50
Y	8,07	26,91	30,44	27,39

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa kapasitas tulangan lapangan untuk balok interior dan eksterior sesuai dengan persyaratan di mana kekuatan lentur desain (ϕM_n) lebih besar dari Momen Ultimit (M_u) yang ada. Kapasitas angkur balok arah x tidak memenuhi persyaratan karena nilai tegangan tarik yang terjadi, T, masih lebih besar dibandingkan nilai kapasitas tegangan Tarik, ØP.

Berdasarkan SNI 2847: 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, tulangan yang harus dimiliki oleh komponen panel RISHA adalah jenis tulangan ulir karena fungsi dari RISHA yang didesain untuk dapat memiliki kekuatan lentur, kekuatan geser, dan kombinasi kekuatan lentur dan aksial yang memadai. Namun, pada kenyataannya masih ada beberapa pihak aplikator pencetak panel RISHA yang masih menggunakan tulangan polos pada proses pembuatannya seperti yang diterapkan pada pedoman awal pembuatan panel RISHA yang telah diubah pada tahun 2004. Hal ini menjadi salah satu poin penting yang patut diperhatikan dalam penerapan teknologi RISHA agar aplikasinya sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

Langkah terakhir adalah melakukan pemeriksaan terhadap simpangan antar lantai. Menurut SNI 1726: 2019, simpangan antar lantai tidak boleh melebihi simpangan izin. Berdasarkan tabel 20 pada standar tersebut, bangunan rumah berteknologi RISHA tergolong sebagai kategori struktur “semua struktur lainnya” dengan kategori risiko I, dengan simpangan izin sebesar 0,02 (Badan Standardisasi Nasional 2019). Hasil pengecekan simpangan antar lantai dalam arah x dan y dapat dilihat melalui tabel 7. Berdasarkan hasil tabel 5, hasil simpangan arah x dan y untuk rumah berteknologi RISHA masih memenuhi syarat.

Tabel 7. Simpangan antar lantai

H (mm)	Arah	U1 (mm)	Δxe (mm)	Cd	Drift (mm)
3000	X	5,5	2,83	2,5	0,000236

H (mm)	Arah	U1 (mm)	Δxe (mm)	Cd	Drift (mm)
1800	X	2,74	2,74	2,5	0,003806
3000	Y	0,014	0,011	2,5	9,53E-06
1800	Y	0,0029	0,0029	2,5	4,08E-06

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dibuktikan tingkat keunggulan rumah berteknologi RISHA dibandingkan dengan rumah konvensional. Dari segi biaya konstruksi, diperoleh perbedaan maksimum biaya yang dikeluarkan mencapai Rp123.043,90 per meter persegi, atau 3,97% di antara kedua jenis rumah. Perbedaan harga ini dipengaruhi beberapa hal seperti desain bangunan, modifikasi yang dilakukan, serta lokasi produksi panel RISHA. Dari segi durasi pembangunan, rumah berteknologi RISHA jelas lebih unggul dibandingkan rumah konvensional, yaitu dengan perbedaan sekitar 30,77%. Efisiensi durasi pembangunan rumah berteknologi RISHA bervariasi tergantung pada tingkat keahlian tenaga kerja, jenis material yang digunakan untuk masing-masing komponen, serta lama waktu mobilisasi panel RISHA. Dari segi keramahan lingkungan, rumah berteknologi RISHA juga lebih unggul dibandingkan rumah konvensional dengan perbedaan nilai yang signifikan, yaitu sekitar 48,62 poin. Hal ini dikarenakan volume beton yang digunakan pada rumah berteknologi RISHA lebih sedikit daripada rumah konvensional. Sementara itu, hasil kajian kekuatan struktur menunjukkan bahwa kolom rumah berteknologi RISHA Jayagiri masih mampu menahan beban yang direncanakan. Pemeriksaan simpangan antara lantai baik pada arah x dan y juga masih aman karena berada di bawah nilai simpangan izin. Meskipun demikian, angkur balok arah x masih belum memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Meskipun dilakukan hanya pada satu objek studi, penelitian ini dapat menghasilkan kajian keunggulan rumah berteknologi RISHA yang diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pihak yang terlibat, baik calon pengguna, aplikator, maupun pengembang RISHA.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama, kedua dan keempat berkontribusi dalam perumusan ide penelitian, dan penyusunan naskah. Semua penulis terlibat

dalam analisis dan pembahasan hasil penelitian secara keseluruhan. Penulis kedua dan ketiga melaksanakan pemodelan dan analisis struktur.

REFERENSI

- Bachroni, Cecep Bakheri. 2008. "Prediksi Beban Gempa Indonesia Dengan Menggunakan Beban Gempa Indonesia Dengan Capacity Spectra Method (CSM)." *Jurnal Permukiman* 3 (3): 229–47.
<http://jurnalpermukiman.pu.go.id/index.php/JP/article/view/210>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. "SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung." *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, no. 8: 254.
- Baldwin, Andrew, Chi Sun Poon, Li Yin Shen, Simon Austin, dan Irene Wong. 2009. "Designing out Waste in High-Rise Residential Buildings: Analysis of Precasting Methods and Traditional Construction." *Renewable Energy* 34 (9): 2067–73.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.008>.
- Chandra, Regina. 2021. "Perancangan Green Concrete Scoring System Untuk Bangunan Gedung Di Indonesia." Universitas Katolik Parahyangan.
- Ding, Zhikun, Yifei Wang, dan Patrick X.W. Zou. 2016. "An Agent Based Environmental Impact Assessment of Building Demolition Waste Management: Conventional versus Green Management." *Journal of Cleaner Production* 133: 1136–53.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.054>.
- Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan. 2021. "Program Penjaminan Mutu Aplikator Teknologi."
- Direktorat Prasarana Strategis. 2021. "Program RISHA Untuk Sekolah Di Direktorat Prasarana Strategis."
- Dong, Ya Hong, Lara Jaillon, Peggy Chu, and C. S. Poon. 2015. "Comparing Carbon Emissions of Precast and Cast-in-Situ Construction Methods - A Case Study of High-Rise Private Building." *Construction and Building Materials* 99 (2015): 39–53.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.145>.
- Gunarto, G. T., N. R. Kusuma, E. Arvanda, dan H. Isnaeni. 2020. "An Analysis of Architectural Approach Towards the Efficiency of RISHA as Post-Disaster Housing Responce in Indonesia." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 452 (1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012029>.
- Hao, Jian Li, Baoquan Cheng, Weisheng Lu, Jun Xu, Junjie Wang, Weicheng Bu, dan Zhiping Guo. 2020. "Carbon Emission Reduction in Prefabrication Construction during Materialization Stage: A BIM-Based Life-Cycle Assessment Approach." *Science of the Total Environment* 723: 137870.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137870>.
- Heston, Yudha Pracastino. 2015. "Pengembangan Rumah RISHA Dengan Teknologi Knockdown Sesuai Kebutuhan Kontekstual Lokal." In Seminar Nasional Dan Workshop SCAN#6, 210–19. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Iqbal, Muhammad Nelza Mulki, dan Bayu Teguh Ujjianto. 2021. "Alternatif Desain Rumah Tumbuh Modular Sistem Prefabrikasi Risha." *Pawon: Jurnal Arsitektur* 5 (1): 53–62.
<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/pawon/article/view/3319>.
- Jaillon, L., C. S. Poon, dan Y. H. Chiang. 2009. "Quantifying the Waste Reduction Potential of Using Prefabrication in Building Construction in Hong Kong." *Waste Management* 29 (1): 309–20.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.015>.
- Jaillon, Lara, dan C. S. Poon. 2014. "Life Cycle Design and Prefabrication in Buildings: A Review and Case Studies in Hong Kong." *Automation in Construction* 39: 195–202.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.006>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. n.d. "Pengenalan Teknologi

- RISHA (Rumah Instan Sederhana Dan Sehat).” Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- . 2004. “Pedoman Hasil Uji Ketahanan Struktur RISHA.” Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- . 2015. “RISHA Rumah Instan Sederhana Sehat.”
- López-Mesa, Belinda, Ángel Pitarch, Ana Tomás, dan Teresa Gallego. 2009. “Comparison of Environmental Impacts of Building Structures with in Situ Cast Floors and with Precast Concrete Floors.” *Building and Environment* 44 (4): 699–712.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.017>.
- Mudawarisman, Arif Fajar, dan Sely Novita Sari. 2020. “Analisis Perbandingan Biaya Struktur.” *Equilib* 01 (02): 19–28.
- Primasetra, Anjar. 2020. “Studi Eksplorasi Desain Rumah Prapabrikasi Berdasarkan Bentuk Modul Komponen Sebagai Alternatif Desain Rumah Sederhana.” *Journal of Applied Science (Japps)* 2 (1): 001–010.
<https://doi.org/10.36870/japps.v2i1.157>.
- Rahayu, Puji, Aunur Rafik, dan Rinova Firman Cahyani. 2019. “Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Rumah Konvensional Dan Rumah RISHA Di Kota Banjarmasin.” *Jurnal Gradasi Teknik Sipil* 3 (2): 8–16.
- Raihan, M, dan F Sulthan. 2020. “Penerapan Konsep Rumah Tumbuh Pada Teknologi Struktur Risha (Rumah Instan Sederhana Sehat).” In *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*, 2020:355–62.
- Sagara, Altho, Carissa, Adhie Irham, dan Mia Wimala. 2021. “Potensi Penggunaan Sistem Corbel Dalam Memaksimalkan Bentang Balok Struktur Risha.” In *Seminar Nasional Peneliti Muda Manajemen Dan Rekayasa Konstruksi Ke-2*, SCI 13-18. Universitas Katolik Parahyangan.
<https://online.fliphtml5.com/vemjg/tidr/#p=153>.
- Slamat, Virginia. 2019. “Evaluasi dan Pengembangan Dimensi Grid Pada Modul Risha Dalam Fungsi Hunian Tipe 18 Dan 36.” In *Bunga Rampai Karya Ilmiah Skripsi Arsitektur*, 1–5. Bandung: UNPAR Press.
- Susanto, H, N Zuryani, dan G Kamajaya. 2020. “Rumah Risha Sebagai Implementasi Mitigasi Bencana Gempa Lombok Tahun 2020.” *Jurnal Ilmiah Sosiologi* 1 (2): 1–11.
<https://ocs.unud.ac.id/index.php/sorot/article/download/66609/37169/>.
- Suta, Kama, Ekky Irawanto, Holifia Vania Rahmawati, dan Baiq Harly Widayanti. 2020. “Efektivitas Pembangunan Rumah Risha, Rika Dan Riko (3R) Bagi Masyarakat Terdampak Gempa.” *Jurnal Planoeearth* 5 (1): 20.
<https://doi.org/10.31764/jpe.v5i1.2178>.
- Wang, Jing Jing, Danielle Densley Tingley, Martin Mayfield, dan Yuan Feng Wang. 2018. “Life Cycle Impact Comparison of Different Concrete Floor Slabs Considering Uncertainty and Sensitivity Analysis.” *Journal of Cleaner Production* 189: 374–85.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.094>.
- Wibowo, Andi Prasetyo. 2018. “Mengenal Jenis-Jenis Rumah Instan Di Indonesia.” *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan* 2 (2): 446–54.