

4.13 Daftar Pustaka

- Aktaş, Y. D. *et al.* (2014) 'Seismic resistance evaluation of traditional ottoman Timber Frame Himiş houses: Frame loadings and material tests', *Earthquake Spectra*, 30(4), pp. 1711–1732. doi: 10.1193/011412eqs011m.
- Arikunto (2014) 'Metodologi dan Strategi Penelitian', *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, p. 125.
- ASTM (2015) 'ASTM E2126 Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings', i(C), pp. 1–14. doi: 10.1520/E2126-11.2.
- Bağbancı, M. B. and Bağbancı, Ö. K. (2018) 'The Dynamic Properties of Historic Timber-Framed Masonry Structures in Bursa, Turkey', *Shock and Vibration*, 2018. doi: 10.1155/2018/3257434.
- Benavent-Climent, A., Ramírez-Márquez, A. and Pujol, S. (2018) 'Seismic strengthening of low-rise reinforced concrete frame structures with masonry infill walls: Shaking-table test', *Engineering Structures*, 165(January), pp. 142–151. doi: 10.1016/j.engstruct.2018.03.026.
- Casagrande, D. *et al.* (2016) 'Experimental campaign for the mechanical characterization of connection systems in the seismic design of timber buildings', *WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering*, (July).
- Cheng, X. *et al.* (2020) 'A new construction technology suitable for Framed partitioned infill walls with sliding nodes and large openings: Test results', *Construction and Building Materials*, 2558(8). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119644>.
- Cui, C. *et al.* (2020) 'Seismic performance and repair of Chuan-dou timber-framed masonry building', *Engineering Failure Analysis*, 118(July), p. 104941. doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104941.
- Dutu, A. *et al.* (2012) 'R . ISI . 16 - “ Timbered masonry for earthquake resistance in Europe / Mampostería con madera sismorresistente en Europ`a ”, A . Duțu , João Gomes Ferreira , Luis Guerreiro , Fernando Branco , Ana Gonçalves , Materiales de', (December). doi: 10.3989/mc.2011.01811.
- Dutu, A. *et al.* (2016) 'In-Plane Behavior of Timber Frames with Masonry Infills under Static Cyclic Loading', *Journal of Structural Engineering*, 142(2), pp. 1–18. doi: 10.1061/(asce)st.1943-541x.0001405.
- Dutu, A. *et al.* (2022) 'Timber Framed masonry houses: resilient or not?', *European Conference on Earhtquake Engineering and Seismology*, (September), pp. 2028–2036. Available at: https://www.researchgate.net/publication/363294643_Timber_rangkad_masonry_houses_resilient_or_not.
- Duțu, A., Sakata, H. and Yamazaki, Y. (2017a) 'Comparison Between Different Types

- of Connections and Their Influence on Timber Frames With Masonry Infill Structures' Seismic Behavior', *16th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017*, 951(January), p. 12. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/312606700>.
- Duğu, A., Sakata, H. and Yamazaki, Y. (2017b) 'Comparison Between Different Types of Connections and Their Influence on Timber Frames With Masonry Infill Structures' Seismic Behavior', *16th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017*, (January), p. 12. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/312606700>.
- Gonçalves, A. M. *et al.* (2012) 'Experimental Characterization of Pombalinos "Frontal" Walls Cyclic Behaviour', *15th International Conference on Experimental Mechanics*, (September), pp. 1–13. doi: 10.12989/sem.2015.53.2.189.
- Gonçalves, A. M. *et al.* (2013) 'Numerical Modelling and Experimental Characterization of Pombalino "Frontal" Wall', *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure (IRF2013)*, (July 2015), pp. 1–12.
- Hejazi, M., Hoseyni, M. and Çiftçi, A. (2022) 'In-plane cyclic behaviour of half-timbered walls with fired brick infill', *Journal of Building Engineering*, 54(May), p. 104580. doi: 10.1016/j.job.2022.104580.
- Huang, H. *et al.* (2018) 'Seismic behavior of Chuan-Dou type timber frames', *Engineering Structures*, 167(March 2017), pp. 725–739. doi: 10.1016/j.engstruct.2017.10.072.
- Hutajulu, M., Tarigan, J. and Tarigan, P. (2019) 'Analisa Pushover dan Eksperimen Struktur Portal dengan Dinding Batubata dengan Menggunakan Angkur pada Kolom dan Balok pada Non Engineered Building', *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), p. 158. doi: 10.14710/mkts.v24i2.19914.
- Kildashti, K. *et al.* (2021) 'Computational simulation of light timber framing connections strengthened with self-tapping screws', *Journal of Building Engineering*, 44(March), p. 103003. doi: 10.1016/j.job.2021.103003.
- Ko, H., Kim, H. S. and Kang, J. W. (2014) 'Evaluation of seismic behavior of RC moment resisting frame with masonry infill walls', *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 13(3), pp. 641–648. doi: 10.3130/jaabe.13.641.
- Kouris, L. A. S. and Kappos, A. J. (2012) 'Detailed and simplified non-linear models for timber-framed masonry structures', *Journal of Cultural Heritage*, 13(1), pp. 47–58. doi: 10.1016/j.culher.2011.05.009.
- Langenbach, R. (2007) 'From "Opus Craticium" to the "Chicago frame": Earthquake-resistant traditional construction', *International Journal of Architectural Heritage*, 1(1), pp. 29–59. doi: 10.1080/15583050601125998.
- Luo, Y. (2011) 'The traditional elements and modern architectural design', *Advanced Materials Research*, 243–249, pp. 6562–6565. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.6562.

- Mezentsev, S. D. and Gavrikov, D. S. (2015) 'Architecture of Modern Timber-Framing Houses', *Indian Journal of Science and Technology*, 8(30), pp. 1–9. doi: 10.17485/ijst/2015/v8i30/86530.
- Octavia, S. et al. (2018) 'The Feasibility of the Kancingan House Structure in Merauke City', (January 2018). doi: 10.2991/icst-18.2018.88.
- Octavia, S. et al. (2024) 'Architectural Analysis of Rumah Kancingan in Merauke', *International Journal of Technology*, 15(2), p. 289. doi: 10.14716/ijtech.v15i2.6687.
- Octavia, S., Raubaba, H. S. and Simorangkir, Y. V. (2019) 'Wood and steel as a material alternative of concrete replacement in house structures in merauke city', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1). doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012231.
- Parisse, F. et al. (2021) 'Numerical modeling of the seismic performance of Romanian timber-framed masonry walls', *Engineering Structures*, 239(April), p. 112272. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.112272.
- Poletti, E. and Vasconcelos, G. (2015) 'Seismic behaviour of traditional timber frame walls: experimental results on unreinforced walls', *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(3), pp. 885–916. doi: 10.1007/s10518-014-9650-9.
- Psycharis, I. N., Pantazopoulou, S. J. and Papadrakakis, M. (2015) *Seismic Assessment, Behavior and Retrofit of Heritage Buildings and Monuments, Computational Methods in Applied Sciences* 37. doi: 10.1007/978-3-319-16130-3.
- Qu, Z. et al. (2020) 'Behavior of masonry infilled Chuandou timber frames subjected to in-plane cyclic loading', *Engineering Structures*, 211(May). doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110449.
- Ren, C., Bian, R. and Li, S. (2018) 'On Technology and Ritual of Chuandou House Construction in Southwest China: The Case of Dong Minority Area', *Built Heritage*, 2(1), pp. 39–48. doi: 10.1186/BF03545701.
- Rildova et al. (2012) 'Experimental Study on the Behaviour of Plastered Confined Masonry Wall under Lateral Cyclic Load', *15th World Conference on Earthquake Engineering 2012*, (iv), pp. 7157–7166.
- Ruggieri, N., Tampone, G. and Zinno, R. (2015) 'In-Plane Versus Out-of-Plane "behavior" of an Italian Timber Framed System - The Borbone Constructive System: Historical Analysis and Experimental Evaluation', *International Journal of Architectural Heritage*, 9(6), pp. 696–711. doi: 10.1080/15583058.2015.1041189.
- Shen, Y. et al. (2021) 'Seismic resistance of timber frames with mud and stone infill walls in a chinese traditional village dwelling', *Buildings*, 11(12). doi: 10.3390/buildings11120580.
- Shen, Y. et al. (2022) 'Enhancing the In-Plane Behavior of a Hybrid Timber Frame–

- Mud and Stone Infill Wall Using PP Band Mesh on One Side', *Polymers*, 14(4). doi: 10.3390/polym14040773.
- Susila, G. A., Mandal, P. and Swailes, T. (2012) 'A Comparison of the Structural Performance of Low- Rise Timber Framed Buildings and Masonry Buildings in a Developing Country (Indonesia).', *Apsec-Iccer*, (October), pp. 2–4.
- Szczepański, M. and Migda, W. (2020) 'Analysis of validation and simplification of timber-frame structure design stage with PU-foam insulation', *Sustainability (Switzerland)*, 12(15). doi: 10.3390/su12155990.
- Topan, A., Octavia, S. and Soleman, H. (2018) 'Analysis of the semi-permanent house in Merauke city in terms of aesthetic value in architecture', *Journal of Physics: Conference Series*, 1025(1). doi: 10.1088/1742-6596/1025/1/012021.
- Vasconcelos, G. *et al.* (2013a) 'In-plane shear behaviour of traditional timber walls', *Engineering Structures*, 56(June), pp. 1028–1048. doi: 10.1016/j.engstruct.2013.05.017.
- Vasconcelos, G. *et al.* (2013b) 'In-plane shear behaviour of traditional timber walls', *Engineering Structures*, 56(July 2016), pp. 1028–1048. doi: 10.1016/j.engstruct.2013.05.017.
- Xie, Q. *et al.* (2019) 'Lateral performance of traditional Chinese timber frames: Experiments and analytical model', *Engineering Structures*, 186(February), pp. 446–455. doi: 10.1016/j.engstruct.2019.02.038.

BAB V PEMBAHASAN UMUM

5.1 Latar Belakang

Rumah Kancingan merupakan bangunan rangka kayu dengan dinding pengisi batubata. Bangunan rangka kayu dengan dinding pengisi batu bata masih sangat dibutuhkan di beberapa negara berkembang, baik karena alasan ekonomi dan kinerja seismik yang dianggap lebih baik daripada bangunan beton bertulang lokal (Cui *et al.*, 2020). Tiap jenis bangunan rangka kayu dengan dinding pengisi memiliki nama dan klasifikasi material yang berbeda pula. Jenis bangunan ini memiliki perbedaan jenis rangka kayu serta bahan pengisi di berbagai negara dan bangunan ini disebut sebagai *Chuandou* di Cina, *The Himis* di Turki dan *The Pombalino* di Portugal. Sedangkan di Merauke, Indonesia disebut rumah Kancingan.

Berbeda dengan konstruksi yang berkembang di luar negeri, konstruksi dinding rangka kayu pada Rumah Kancingan sangat bergantung pada pola kusen dan bukaan yang digunakan. Cheng *et al* (2020) dan Ren *et al* (2018) mengungkap gap riset yang belum terjawab yakni kebutuhan pencahayaan dan ventilasi bangunan, bukaan yang diperlukan untuk pintu dan jendela besar juga perlu dipertimbangkan, yang dapat mengganggu partisi horizontal dan vertikal secara serius. Khusus mengenai studi rumah Kancingan Topan, Octavia and Soleman, (2018) yang meneliti rumah Kancingan dari segi estetika bangunan. Octavia *et al.*, (2018) yang menganalisa kelayakan struktur rumah Kancingan. Octavia, Raubaba dan Simorangkir, (2019) yang mencoba membandingkan rumah Kancingan dengan rumah semi permanen yang menggunakan baja sebagai material konstruksinya. Octavia *et al.*, (2024) yang menganalisa rumah Kancingan dari segi arsitekturalnya. Tetapi penelitian mengenai kinerja seismik rumah Kancingan belum pernah diteliti sebelumnya dan hal ini penting untuk diteliti mengingat Indonesia merupakan negara yang memiliki resiko gempa yang tinggi.

Rumah Kancingan menggunakan dua material yang berbeda sifat fisisnya. Kayu yang merupakan material ortotropik dan batubata yang merupakan material isotropik. kedua material ini merupakan material yang sifatnya tidak kompatibel sehingga perlu untuk diungkap bagaimana perilaku kedua jenis material ini dan perannya terhadap kinerja seismik dinding. Umumnya Rumah Kancingan di Merauke merupakan rumah *non engineer* dimana bangunan akan dibangun berdasarkan pengetahuan dan pengalaman tukang yang membuatnya.

Sebagai bangunan *non engineer* maka muncul keberagaman pola rangka dinding pada Rumah Kancingan yang disebabkan belum adanya petunjuk teknis konstruksi Rumah Kancingan untuk membatasi luas minimum maupun maksimum dari rangka dinding yang dianggap cukup mampu untuk memikul beban lateral siklik sehingga penelitian ini dianggap penting untuk memberikan gambaran dan rekomendasi kepada pemilik rumah, *engineer*, tukang bahkan pemerintah setempat mengenai kinerja seismik rumah Kancingan berdasarkan ukuran luas bidang rangka dinding.

5.2 Karakteristik Struktur Dinding Rumah Kancingan

Karakteristik struktur dinding Rumah Kancingan berdasarkan hasil pengambilan data pada 95 sampel Rumah Kancingan di Distrik Merauke.

5.2.1 Jenis kayu yang digunakan

Dari survey yang dilakukan terhadap 95 rumah Kancingan, didapat data bahwa rumah yang dibangun dibawah tahun 80-an kebanyakan menggunakan kayu Besi dan kayu Rahay sedangkan rumah yang dibangun diatas tahun 90-an sebagian besar menggunakan kayu Bus sebagai bahan konstruksi dinding Kancingannya. Hal ini disebabkan karena ketersediaan jenis kayu di Merauke, jenis kayu Bus merupakan kayu yang paling banyak tersedia sedangkan kayu Besi keberadaannya sudah langka sehingga ada peraturan yang menetapkan kayu besi sebagai kayu yang dilindungi oleh pemerintah. Sedangkan kayu Rahay walaupun masih banyak tersedia di Merauke tetapi memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan kayu Bus, sehingga orang lebih memilih kayu Bus sebagai pilihan utama konstruksi rumah Kancingan.

5.2.2 Dimensi kayu yang digunakan

Selain jenis kayu yang digunakan pada konstruksi Kancingan, dimensi kayu juga merupakan hal yang penting karena dimensi kayu akan menentukan tebal plesteran yang digunakan pada konstruksi dinding. Semakin besar dimensi kayu, semakin tebal plesteran pada dinding. Ada 2 jenis dimensi kayu yang digunakan pada rumah Kancingan, yaitu kayu ukuran 10/10 dengan rangka pembagi (*regel*) 5/10 dan kayu ukuran 8/8 dengan rangka pembagi (*regel*) 4/8.

Rumah yang menggunakan rangka kayu ukuran 10/10 dengan *regel* 5/10 banyak ditemukan pada rumah yang dibangun dibawah tahun 80-an sedangkan rumah yang dibangun diatas tahun 90-an lebih banyak yang menggunakan kayu dengan ukuran 8/8 dan *regel* 4/8.

5.2.3 Pola rangka kayu melintang pada dinding

Sebanyak 95 sampel dari 1.983 populasi rumah Kancingan yang tersebar di 11 kelurahan di wilayah distrik Merauke. Penentuan benda uji diambil berdasarkan jenis material yang digunakan, tinggi maupun lebar rangka dinding Kancingan, dimensi kayu yang digunakan serta jenis sambungan yang digunakan pada kebanyakan Rumah Kancingan. Luas bidang rangka dinding pada konstruksi Kancingan sangat tergantung pada pola kusen yang digunakan oleh pemiliknya. Untuk rangka kayu vertikal sangat bergantung pada tinggi kusen yang digunakan, dimana tinggi kusen yang paling umum adalah tinggi pintu berukuran 2.10 m sehingga tinggi jendela berukuran 1.30 m dan jarak balok ambang bawah jendela ke permukaan lantai menjadi 0.80 m dan jarak rangka kayu dari ambang atas kusen ke ringbalk adalah 0.9 m seperti yang terlihat pada gambar 5.1



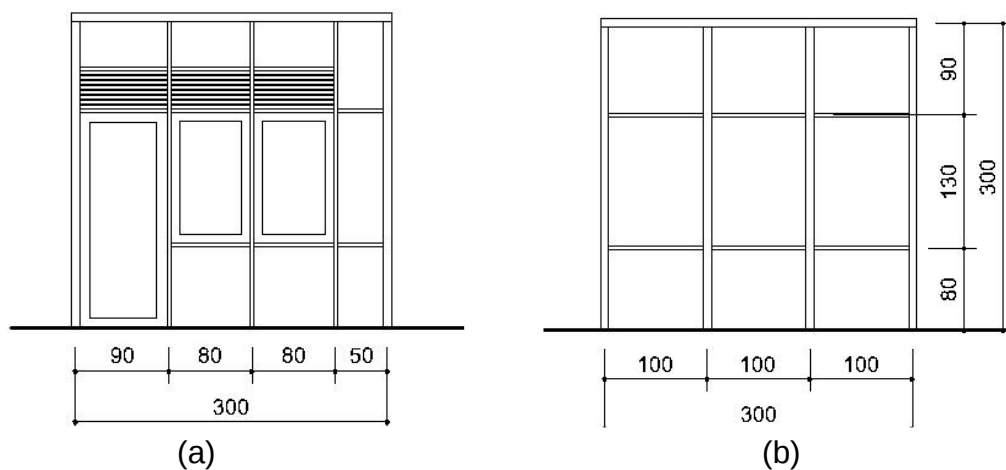
Gambar 5. 1 Pola balok melintang pada rumah Kancingan

5.2.4 Pola rangka kayu vertikal pada dinding

1. Pola Grid

untuk kolom dinding, pola yang sering terjadi terlihat seperti gambar berikut ini:

- a. Untuk pola awal yang paling sering muncul adalah pola grid dinding seperti terlihat pada Gambar 5.2. Dinding fasad pada rumah dengan luas dinding ukuran 3 m x 3 m akan membentuk pola dinding dengan jarak kolom kayu 0.9 m, 0.8 m, 0.8 m serta 0.5 m (Gambar 5.2a). sedangkan dinding utuh tanpa bukaan akan terbagi rata menjadi 1 m untuk jarak tiap rangka kayunya. Hal inilah yang mendasari pembuatan benda uji dengan ukuran 1 m x 1.3 m (Gambar 5.2 b)



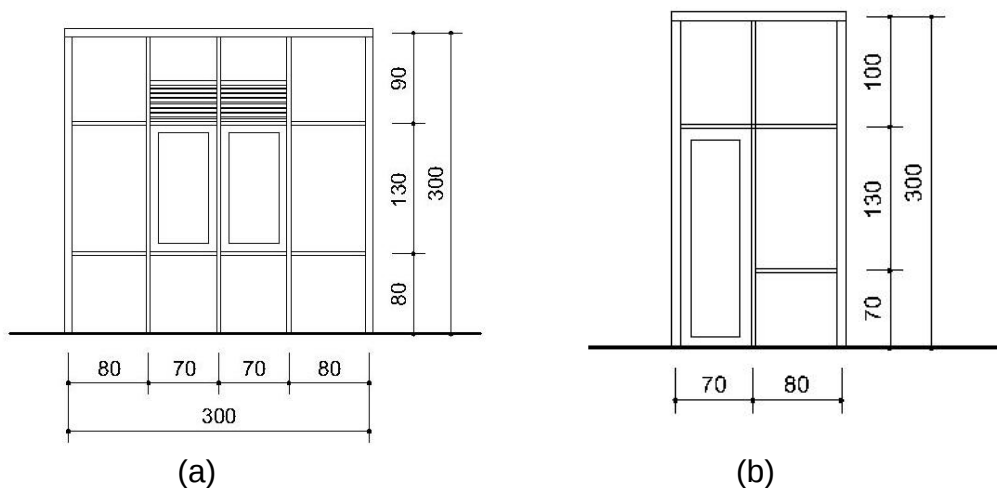
Gambar 5. 2 (a) Pola 1 yang sering muncul pada dinding luas 3 m Dinding dengan bukaan kusen. (b) dinding tanpa bukaan.

- b. Untuk pola kedua yang sering muncul adalah dinding dengan pola grid seperti yang terlihat pada gambar 5.3a. Biasanya dinding dengan pola ini merupakan dinding kamar tidur yang berukuran 4 m bukaan 2 jendela dengan posisi seperti terlihat pada gambar. Ataupun pola ini sering muncul pada dinding kamar yang memiliki luas dinding 3 m dengan bukaan pintu 0.8 m. Sehingga untuk benda uji 2 diambil dinding dengan ukuran 1.2 m x 1 m (Gambar 5.3 b).



Gambar 5.3 (a) Pola 2 yang sering muncul pada dinding lebar 4 m. (b) dinding lebar 3 m dengan bukaan pintu

- c. Untuk pola ketiga yang diambil sebagai dasar pembuatan benda uji adalah pola grid yang sering ditemui pada dinding Rumah Kancingan yang memiliki luas dinding 3 m dengan bukaan jendela sebesar 0.7 m dengan letak seperti pada gambar, maka yang terjadi adalah pola dinding akan membentuk 0.8 m, 0.7 m. 0.7 m (Gambar 5.4 a). Hal ini juga sering terjadi pada kamar mandi yang memiliki ukuran dinding 1.5 m dimana biasanya memiliki kusen pintu ukuran yang lebih kecil yaitu 0.7 m. sehingga untuk benda uji 3 maka diambil benda uji dengan ukuran 0.8 m x 1.3 m (Gambar 5.4 b).



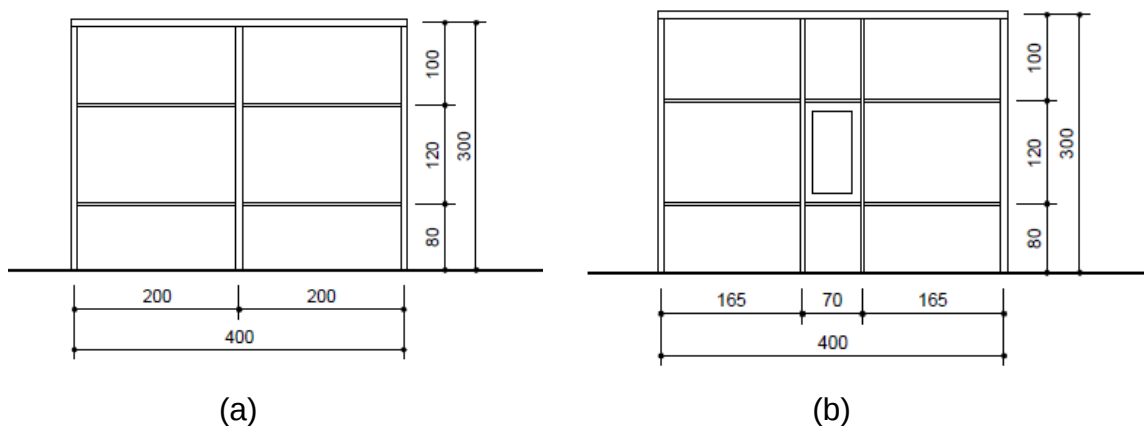
Gambar 5.4 (a) Pola 3 yang sering muncul pada dinding lebar 3 m dengan bukaan jendela. (b) Pola yang sering muncul pada dinding

- d. Untuk pola grid yang keempat adalah pola yang sering ditemui pada Rumah Kancingan yang dibangun pada tahun 1950-an dan Rumah Kancingan yang dibangun tahun 1960-an dengan material kayu yang digunakan adalah kayu besi yang memiliki kualitas yang lebih baik daripada kayu Bus.



Gambar 5.5 (a) Pola 4 yang sering muncul pada dinding lebar 3 m tanpa bukaan. (b) dengan bukaan pada rumah Kancingan yang dibangun tahun 1950-1960an.

Pada pola yang keempat ini, dinding dengan lebar 3 m akan langsung dibagi dua bidangnya menjadi 1,5 m (Gambar 5.5 a), sedangkan yang memiliki bukaan pintu maka bidang sisa dari bukaan pintu akan tetap utuh dan tidak dibagi lagi oleh balok pembagi (Gambar 5.5 b).

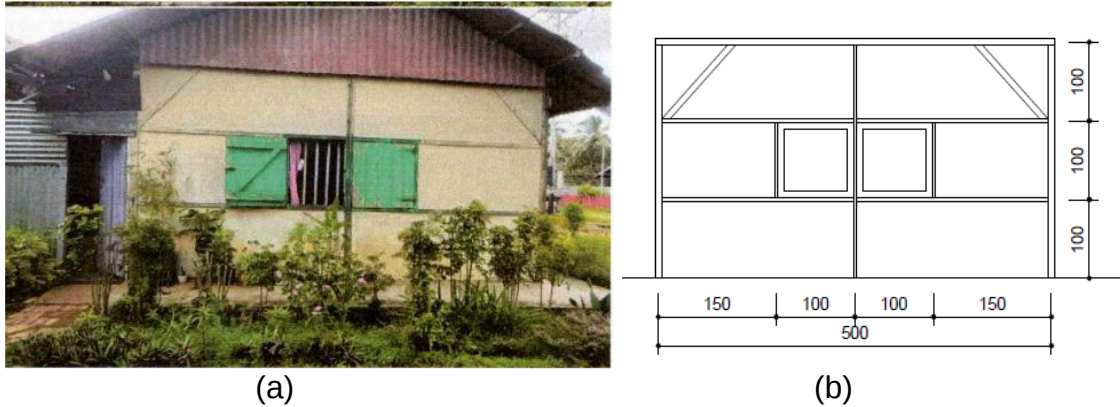


Gambar 5.6 Pola 4 yang sering muncul pada dinding lebar 4 m pada rumah Kancingan yang dibangun tahun 1950-1960an. (a) dinding tanpa bukaan (b) dinding dengan bukaan jendela

Untuk luas bidang dinding yang lebih lebar seperti 4 m, beberapa rumah akan langsung membagi bidang menjadi 2 bagian sama besar (gambar 5.6 a), sedangkan bidang dinding dengan bukaan maka pembagian bidang dinding akan mengikuti lebar kusen dan bidang sisanya akan dibagi sama rata (Gambar 5.6 b). Dari wawancara yang dilakukan terhadap pemilik rumah dan

beberapa tukang bangunan, hal ini terjadi karena kayu Besi dianggap lebih kuat dari kayu Bus sehingga jarak rangka kayunya menjadi lebih besar dibandingkan dengan rumah yang memakai kayu Bus.

2. Pola grid dengan penambahan balok diagonal



Gambar 5.7 (a) Rumah dengan penambahan balok diagonal. (b) Pola grid dinding dengan modul yang lebih lebar dan penambahan balok diagonal pada rumah Kancingan.

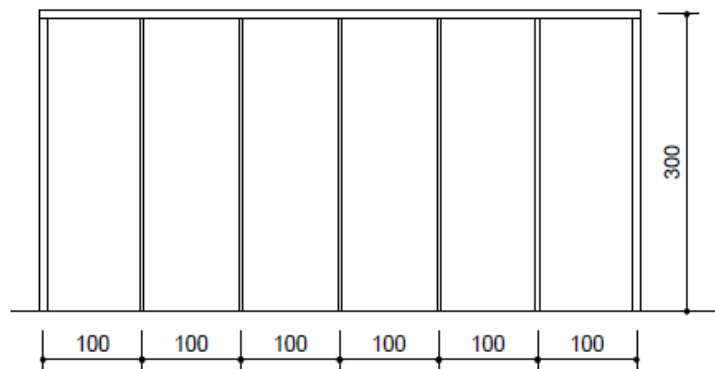
Selain pola grid yang membagi luas dinding dengan luas yang lebih kecil, ada juga rumah yang dibangun tahun 1980-an yang memiliki jarak modul yang besar namun menambah balok diagonal untuk menunjang struktur bangunan (Gambar 5.7 a). Biasanya rumah yang memiliki jarak modul yang besar menggunakan jenis kayu besi karena ketersediaan jenis kayu ini masih banyak pada masa itu (Gambar 5.7 b) memperlihatkan rumah dari ibu Enggelina yang menggunakan penambahan balok diagonal untuk menambah kekakuan struktur, namun dengan jarak modul rangka kayu yang lebih lebar.

3. Pola rangka yang tidak memiliki balok melintang

Dari survey yang dilakukan terhadap rumah Kancingan di distrik Merauke, ditemukan pula 6 rumah Kancingan dengan model konstruksi yang tidak memakai balok melintang pada konstruksi dindingnya (Gambar 5.8 a) dan dari hasil wawancara yang dilakukan terhadap ahli bangunan yang mengerjakan rumah tersebut, dapat disimpulkan bahwa selain jenis kayu dan tahun pembuatannya, model grid pada Rumah Kancingan juga ditentukan oleh pengetahuan dari tukang yang membuatnya (Gambar 5.8 b).



(a)



(b)

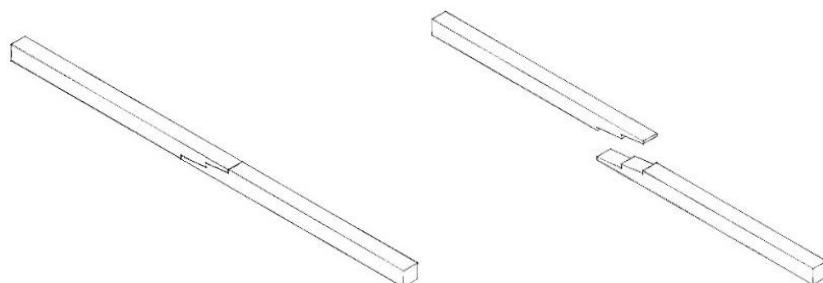
Gambar 5.8 (a) Rumah Kancingan tanpa balok horizontal pada dindingnya. (b) Pola dinding tanpa balok horisontal pada Rumah Kancingan

5.2.5 Jenis sambungan dinding

Ada beberapa jenis sambungan yang digunakan pada rumah Kancingan yaitu:

a. Sambungan memanjang

Sambungan memanjang (*Scarf joint*) (Gambar 5.9) digunakan untuk menyambung kayu arah memanjang yang biasanya muncul pada ruangan dengan panjang dinding lebih dari 3,5 meter dan juga paling sering ditemukan pada sambungan balok ringbalk.



Gambar 5. 9 Sambungan Bibir Lurus (*scarf joint*) pada rangka dinding Rumah Kancingan

b. Sambungan menyudut

Penyambungan pekerjaan kayu pada pertemuan antara kolom dinding dengan balok ringbalk dilakukan dengan memakai sambungan menyudut (*mortise and tenon*).

c. Sambungan pada dinding rumah

Dinding pada Rumah Kancingan merupakan pertemuan antara dua jenis material yang berbeda (komposit) yang tidak homogen yaitu kayu dan batubata. Kayu dan batubata dihubungkan dengan menggunakan paku 10 cm yang berfungsi sebagai angkur. Ada 2 jenis sambungan yang umumnya dipakai pada rangka kayu pada dinding rumah Kancingan yaitu sambungan langsung tanda memotong kayu (*Half joint*), dan juga sambungan yang membagi balok melintang pada setiap modul. Pemilihan jenis sambungan kayu tergantung pada kemampuan tukang mengingat bangunan ini merupakan bangunan *non-engineered* yang berarti sebagian besar rumah yang dibangun merupakan bangunan tanpa perencanaan ahli bangunan (*engineer*). Selain itu, tahun pembuatan rumah Kancingan juga menentukan karakteristik sistem sambungan yang digunakan, dimana sebagian besar sambungan dengan balok terpotong (*dovetails*) banyak ditemui pada rumah yang dibangun sekitar tahun 1950-an.

5.3 Kinerja Seismik Dinding Rumah Kancingan dan Perilaku Elemen Penyusun Dinding.

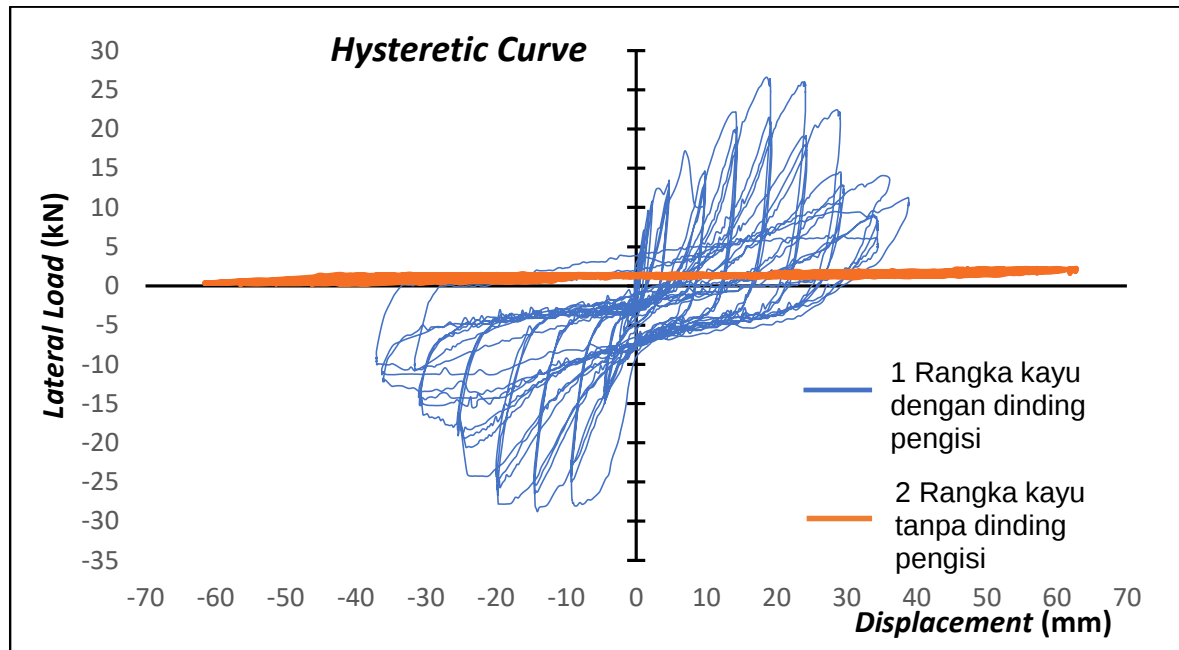
Untuk mengetahui kinerja seismik dinding Rumah Kancingan dan perilaku elemen penyusun dinding seperti rangka kayu, dinding pengisi dan angkur paku, maka dibuat dua jenis benda uji, yaitu benda uji 1 yang merupakan rangka kayu dengan dinding pengisi dan benda uji 2 yang merupakan rangka kayu tanpa dinding pengisi. Benda uji kemudian diuji dengan beban siklik untuk mengetahui parameter seismiknya.

Data hasil pengujian sampel rangka dinding disajikan dalam bentuk kurva dan tabel untuk mengetahui nilai kinerja seismik sampel dinding.

5.3.1 Kurva histeretik

Dari Gambar 5.10, terlihat perbedaan kurva histeretik antara benda uji 1 yaitu spesimen rangka kayu dengan dinding pengisi dan benda uji 2 yaitu spesimen rangka kayu tanpa dinding pengisi. Benda uji 1 terlihat bahwa kurva pada benda uji satu berbentuk angka “8” dengan bagian pinggang yang ramping yang menunjukkan tanda *pinching* yang diakibatkan penurunan kekakuan. Sedangkan pada benda uji 2 membentuk huruf “Z” teratur yang bentuk ujung yang tidak begitu besar namun menyempit dibagian pinggangnya. Bentuk kurva pada benda uji 2 cenderung konstant mulai awal siklus sampai berakhirnya siklus yang disebabkan simpangan yang cukup besar karena tidak adanya kehadiran pengaku, sehingga rangka kayu hanya akan mengandalkan kemampuan materialnya untuk mempertahankan bentuknya tanpa terjadi deformasi yang dari jumlah siklus yang lebih panjang yaitu

17 siklus dibandingkan dengan benda uji dengan dinding pengisi yang memiliki 11 siklus.



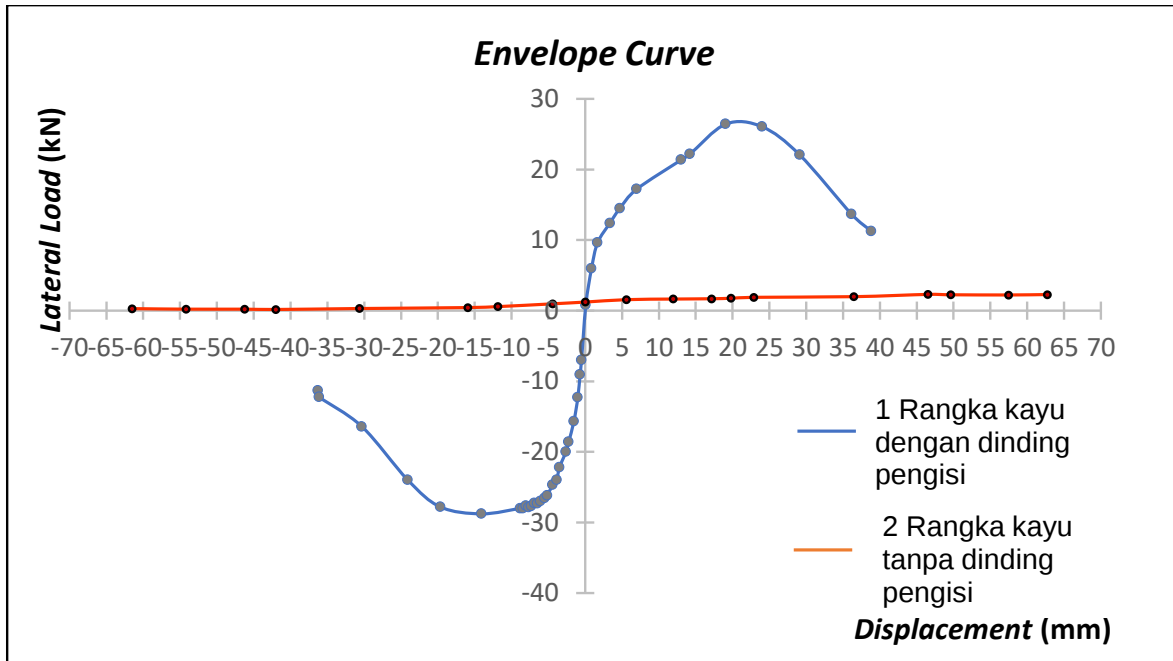
Gambar 5. 10 Perbandingan kurva histeretik benda uji 1 dan benda uji 2

Beban maksimal rata-rata (P_{peak}) yang dicapai oleh benda uji 1 sebesar 27,61 kN dengan perpindahan rata-rata (D_{peak}) 17,34 mm sedangkan untuk benda uji 2 beban maksimal rata-rata (P_{peak}) yang dicapai sebesar 1,23 kN dengan perpindahan rata-rata (D_{peak}) sebesar 44,27 mm. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kehadiran dinding pengisi batubata sangat mempengaruhi kemampuan benda uji menahan beban lateral dan dari penelitian ini didapatkan bahwa kehadiran dinding pengisi mampu meningkatkan 2.244% beban lateral pada struktur.

Kapasitas perpindahan (D_{peak}) yang didapat dari kedua benda uji menandakan kemampuan struktur menahan gaya gempa melalui kapasitas perpindahan dan bukan dengan kekuatan strukturnya seperti penelitian yang dilakukan oleh Psycaris, (2015) pada bangunan tradisional di Lefkas, Yunani. Menurut Shen, (2021) nilai maksimum pada benda uji 1 yaitu >20 kN dengan rasio daktilitas >10 menandakan resistensi struktur terhadap beban gempa.

5.3.2 Kurva selubung (*envelope curve*)

Gambar 5.11 memperlihatkan perbandingan kurva selubung dari kedua benda uji yang memperlihatkan parameter seismik dari kedua benda uji selama pengujian berlangsung yang disajikan pada Tabel 5.1.



Gambar 5. 11 Perbandingan kurva selubung (*envelope*) benda uji 1 dan benda uji 2

Tabel 5. 1 Parameter seismik benda uji 1 dan benda uji 2

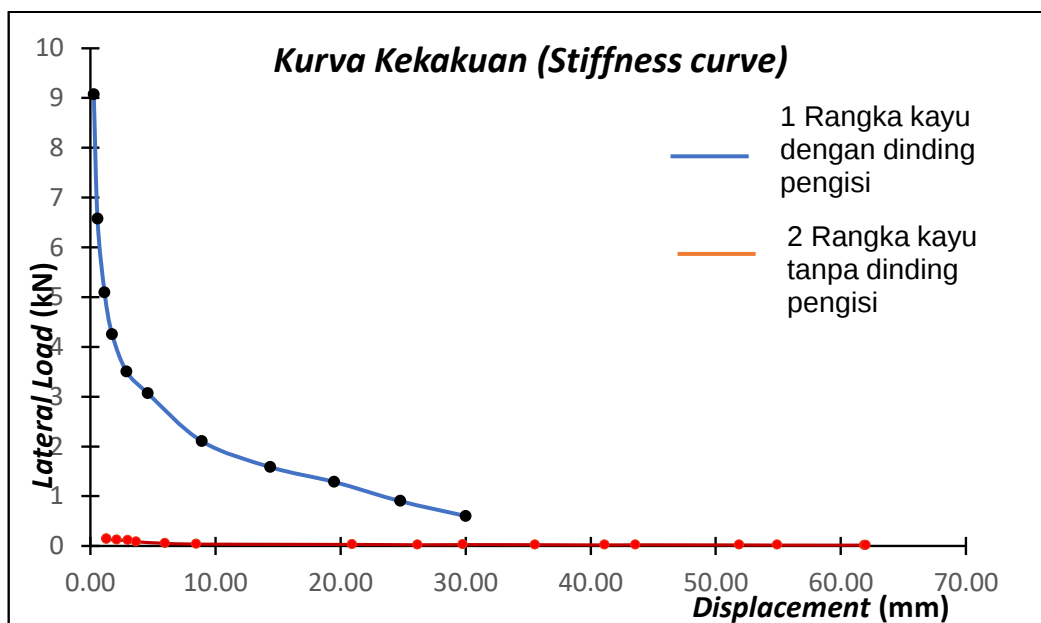
Benda Uji	P_y (kN)	D_y (mm)	P_{peak} (kN)	D_{peak} (mm)	P_u (kN)	D_u (mm)	Daktilitas μ
Benda Uji 1	23,46	2,72	27,61	17,34	22,08	27,96	10,27
Benda Uji 2	1	5,02	1,23	44,27	1,28	62,13	13,53

Dari tabel parameter seismik terlihat bahwa benda uji dengan dinding pengisi memiliki nilai parameter seismik yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang tidak memiliki dinding pengisi. Hal ini disebabkan karena dinding pengisi batubata dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur (Ko, 2014) walaupun dengan siklus yang lebih pendek dibandingkan dengan benda uji tanpa dinding pengisi. Sejalan dengan Xie (2019) dalam penelitiannya terhadap bangunan tradisional di China yang menemukan bahwa kehadiran dinding pengisi secara signifikan meningkatkan perilaku seismik struktur.

5.3.3 Kurva kekakuan dan degradasi kekakuan

Gambar 5.12 memperlihatkan kurva perbandingan degradasi kekakuan pada kedua benda uji. Kekakuan rata-rata dari pembebanan tekan dan pembebanan tarik digunakan untuk menghitung kekakuan siklus sampel pada tingkat perpindahan tertentu, terlihat bahwa kekakuan kedua benda uji semakin menurun seiring yang bertambahnya simpangan (siklus) akibat beban lateral. Kurva kekakuan memperlihatkan penurunan degradasi kekakuan pada awal siklus dan pada benda uji 1, pada saat siklus sudah mencapai siklus ke 6 dengan simpangan diatas 5 mm, terlihat kekakuan menurun secara stabil sampai siklus terakhir, dan pada benda uji

2, penurunan kekakuan secara stabil terjadi pada siklus ke 7 saat simpangan diatas 8 mm. Penurunan kekakuan pada benda uji 1 disebabkan oleh perilaku sambungan kayu yang mengalami kerusakan pada koneksi paku, paku yang terpasang pada permukaan kayu pada saat pemberian beban akan terangkat dan membentuk lubang pada permukaan kayu selama pembebanan berlangsung dan pada saat siklus berikutnya perpindahannya harus sebesar jarak terangkatnya paku sehingga dinding dapat menahan beban lateral. Selain sambungan kayu, dinding pengisi baik itu mortar maupun batubata sangat mempengaruhi kapasitas kekakuan pada dinding (Dutu et al., 2016; Climent, 2018; Heras, 2014). Sedangkan pada benda uji 2 yang tidak memiliki dinding pengisi, kekakuan pada struktur hanya mengandalkan kualitas kayu dan kualitas sambungan kayu sehingga terlihat pada kurva kekakuan, nilai kekakuan benda uji S1 lebih besar dari benda uji S2 dan perbedaannya sangat signifikan.



Gambar 5.12 Perbandingan kurva kekakuan benda uji 1 dengan benda uji 2

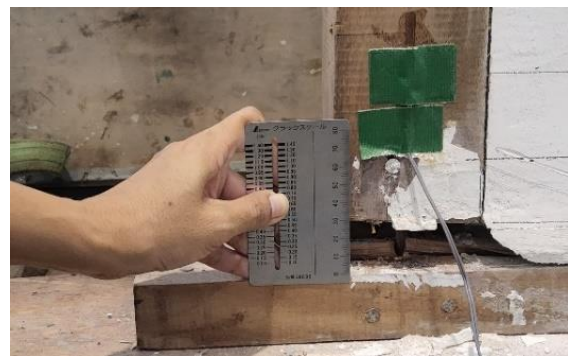
5.3.4 Ragam kegagalan benda uji

Ragam kegagalan benda uji selama pangujian berlangsung terlihat seperti Gambar 5.13. Pada siklus pertama drift 1,25% sampai siklus kelima drift 10%, kurva pada benda uji belum menunjukkan *pinching*, namun pada siklus ke 6 drift ke 20% kurva telah menunjukkan *pinching* atau penyempitan pada bagian pinggang kurva yang menunjukkan bahwa benda uji kehilangan ketahanan selama pembebanan berlangsung yang disebabkan oleh kegagalan paku pada sambungan kayu. Hal ini terlihat pada siklus ke 7 drift 40% dimana kolom kayu telah terangkat 5 mm dari sambungan dan terbentuk celah antara dinding batubata bagian atas dari benda uji dengan balok kayu melintang sebesar 1,3 mm.

Pada drift 54% pada perpindahan 14,22 mm, mulai terjadi kegagalan *nail pull-through of sheating* pada sambungan kayu yang terlihat pada dinding batubata yang terangkat sebesar 5 mm dan kolom terangkat sebesar 18 mm (Gambar 5.13 b). Kondisi ini terjadi saat. Deformasi pada struktur yang terjadi pada penelitian ini utamanya terpusat pada kegagalan paku sebagai *connecting tool* pada sambungan kayu ketika kerusakan struktur mulai terjadi karena paku sebagai *connecting tool* berkontribusi terhadap sistem ketahanan lateral struktur rangka kayu (Liu 2021), sehingga perlu adanya tindakan untuk meningkatkan kinerja *joint* rangka kayu, salah satunya dengan penambahan plat baja (Goncalves, 2014) atau mengganti paku dengan *self-tapping screws* (Kildashi, 2021).



(a)



(b)



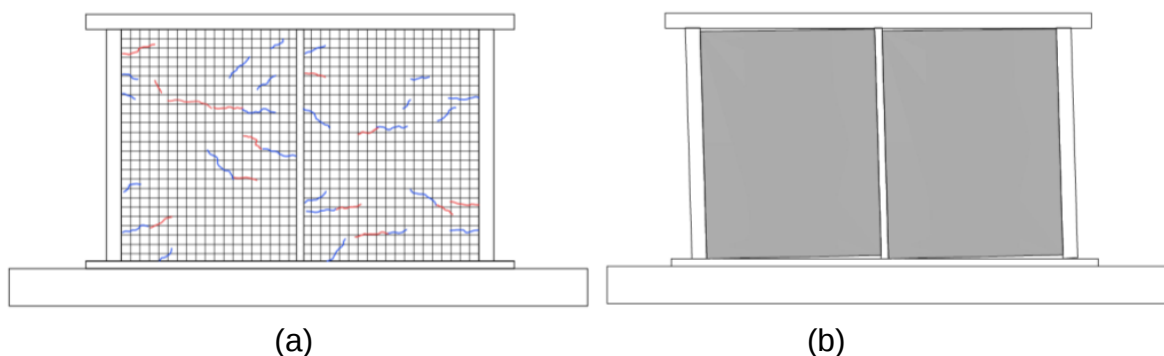
(c)

Gambar 5.13 Ragam kegagalan pada benda uji 1 (a) *nail pull-through of sheating* pada sambungan kayu. (b) gap yang terjadi selama pengujian. (c) kondisi benda uji setelah pengujian selesai

Semakin bertambahnya siklus pembebanan semakin besar jarak kolom kayu terangkat dan juga semakin besar celah yang timbul antara sambungan dinding batubata dengan rangka kayu (Gambar 5.13 a). Terpisahnya dinding pengisi dengan rangka kayu yang menyebabkan celah (gap) muncul pada pertemuan rangka kayu dengan dinding pengisi karena tidak adanya ikatan diantara kedua jenis material ini (Syeoming, 2021). Fenomena ini terjadi saat rangka kayu dan dinding telah

kehilangan ikatannya dan mulai terlihat saat perpindahan telah mencapai diatas 10 mm yang terlihat dari *pinching* efek yang terlihat pada kurva histeretik yang menunjukkan *loop* membentuk penyempitan dibagian pinggang.

Kerusakan paling besar pada komponen benda uji adalah rangka kayu karena kegagalan paku sebagai *connector* yang menyebabkan deformasi dinding dan hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Vasconcelos et al., (2013); Champagne, (2014). Jarak terbesar kolom kayu terangkat pada siklus ke 11 drift 118% dimana kayu terangkat dari sambungan sebesar 30 mm pada arah pembebanan tekan dan 38 mm pada arah pembebanan tarik. Pada kondisi ini rangka kayu sudah mengalami puntir sehingga pada siklus 11 drift ke 120% telah terjadi kegagalan struktur pada sambungan kolom kayu dan pengujian dihentikan. Model kegagalan pada struktur berbeda tergantung pada material *infillnya*, (Shen, 2021) yang menggunakan material pengisi *stone* and *clay mud* berpendapat bahwa ketidaksesuaian antara rangka kayu dengan dinding pengisi menjadi alasan kegagalan utama dinding runtuh tetapi rangka kayu tidak rusak, hal ini berbeda dengan penelitian ini dimana rangka kayu mengalami kegagalan sementara dinding pengisi tidak mengalami keruntuhan.



Gambar 5.14 (a) Pola retak pada benda uji. (b) perilaku benda uji 1 selama pengujian berlangsung

Untuk pola retak pada benda uji dan perilaku dinding selama pengujian berlangsung terlihat seperti pada Gambar 5.14 a. Retak pada dinding mulai terjadi pada siklus ke 4 drift 6,46 % di 9,63 kN dengan perpindahan sebesar 1,68 mm dan keretakan terus muncul sampai siklus ke 11 drift 104 %. Meskipun muncul retak pada dinding selama pengujian tetapi hanya berupa retak rambut (*hairline cracking*) dan *shear failure* yang terdapat pada pertemuan antara rangka kayu dan dinding pengisi. Keretakan pada dinding yang hanya berupa retak rambut disebabkan karena pada saat dinding sudah terlepas ikatannya dari kayu, maka dinding hanya akan berfungsi sebagai pengisi dan pengaku serta tidak menyalurkan beban sehingga retak yang terjadi tidak menyebabkan dinding runtuh. Selain itu menurut Langenbach, (2007) pembagian luas dinding menjadi panel yang lebih kecil dan dilengkapi dengan kolom dan balok horisontal serta mortar dengan kualitas yang rendah mencegah dinding mengalami keretakan yang besar.

Perilaku dinding batubata pada pengujian ini dipengaruhi oleh adanya angkur paku yang menghubungkan antara dinding batubata dengan rangka kayu. Paku memiliki peran sebagai *shear connector* saat awal siklus pembebanan, namun seiring bertambahnya perpindahan lateral, saat dinding kehilangan ikatan dengan rangka kayu yang ditandai dengan munculnya gap, maka angkur paku akan berperan sebagai penahan dinding agar dinding tetap berada ditempatnya dan tidak collapse (Gambar 5.14 b) Fungsi paku sebagai angkur yang terpasang pada dinding pengisi ke kolom berfungsi untuk mendukung aksi komposit satu sama lain dalam hal menahan beban gempa (Meghlat., 2012). Selain angkur paku untuk mendukung aksi komposit material, *spooning* sedalam 1 cm pada rangka kayu pada penelitian ini berfungsi sebagai tempat pengisi mortar sehingga *excess mortars* dapat menciptakan *good contact and bonding* antara rangka kayu dengan dinding pengisi dan hal ini dapat meningkatkan kekuatan lateral struktur menurut (Wadi, 2022).



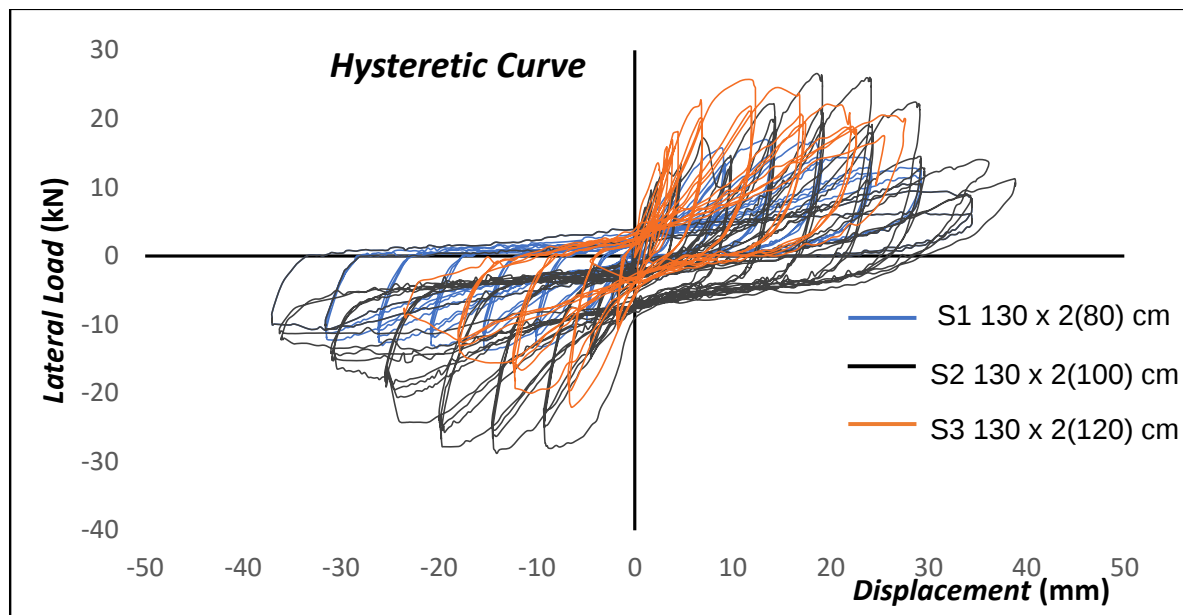
Gambar 5.15 Perilaku benda uji 2 selama pengujian berlangsung

Pada benda uji 2, tidak terjadi kerusakan pada struktur rangka kayu sampai pada siklus terakhir (Gambar 5.15). Hal ini disebabkan modulus elastisitas kayu bus yang cukup tinggi yaitu 6.521,425 Mpa. Sifat kayu yang elastis inilah yang menyebabkan struktur memiliki kapasitas perpindahan yang cukup tinggi tanpa mengalami deformasi.

5.4 Kinerja Seismik Dinding Rumah Kancingan Berdasarkan Luas Bidang Rangka Dinding.

Hasil pengujian diolah dan disajikan dalam kurva histeretik, kurva selubung, kurva kekakuan dan kurva energi disipasi.

5.4.1 Kurva Histeretik



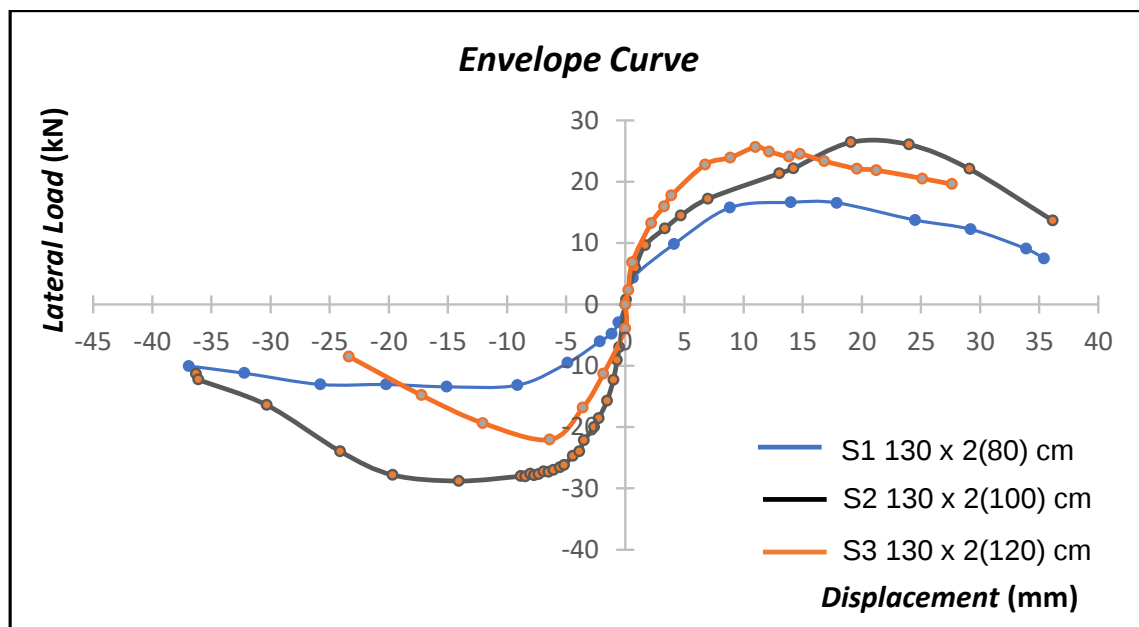
Gambar 5. 16 Perbandingan kurva histeretik ketiga benda uji

Kurva histeretik pada semua spesimen (gambar 5.16) menyerupai angka 8 dengan bagian ujung yang membesar tetapi bagian pinggang yang lebih sempit. Penyempitan dibagian pinggang mengindikasikan adanya efek pinching yang disebabkan oleh penurunan kekakuan akibat beban lateral. Pada benda uji S1 dan S2 siklus pertama sampai siklus ketiga, belum menunjukkan adanya *pinching* efek karena kurva belum menunjukkan penyempitan pada bagian pinggangnya, sedangkan di siklus ke 4 kurva telah menunjukkan penyempitan adanya *pinching* efek yang ditandai dengan penyempitan pada bagian pinggang kurva dan mulai terjadi retak pada dinding. Pada benda uji S3 *pinching* efek mulai muncul pada siklus ke 6 yang menandakan bahwa semakin besar bidang dinding pengisi maka semakin lama struktur bisa bertahan sampai munculnya efek pinching. Setelah perpindahan mendekati 10 mm, pada benda uji S2 dan S3 bentuk kurva menyerupai bentuk z yang lebih beraturan yang menandakan perpindahan horizontal pada benda uji diakibatkan karena tidak kompatibelnya dinding pengisi dengan rangka kayu karena sifat fisis kedua material yang berbeda (Shen, 2022).

Benda uji S1 mencapai beban maksimal 16,64 kN dengan perpindahan 14 mm pada arah pembebanan tekan dan 13,43 kN dengan perpindahan 15,1 mm pada arah pembebanan tarik. Benda uji S2 mencapai beban maksimal 26,43 kN dengan

perpindahan 19,08 mm pada arah pembebanan tekan dan 28,78 kN dengan perpindahan 15,6 mm pada pembebanan tarik. Benda uji S3 mencapai beban maksimal 25,65 dengan perpindahan 11,32 pada arah pembebanan tekan dan 22,05 kN dengan perpindahan 6,84 mm pada pembebanan tarik. Benda uji S2 yang memiliki luas dinding pengisi 130x2(100) cm menunjukkan mampu menahan beban lateral lebih besar dibandingkan dengan spesimen yang lain sedangkan Benda uji S3 yang memiliki luas dinding terbesar yaitu 130x2(120) cm, beban lateral yang bisa dicapai tidak begitu berbeda secara signifikan dengan benda uji S2. Benda uji S1 yang memiliki luas dinding terkecil yaitu 130x2(80) cm yang memiliki beban lateral terendah dan perbedaannya sangat signifikan dengan 2 benda uji lainnya . Hal ini menunjukkan bahwa dinding pengisi sangat mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban lateral (Aktas, 2014) dan pada penelitian ini terlihat bahwa semakin kecil bidang dinding maka semakin kecil beban yang dapat diterima oleh struktur sedangkan semakin besar bidang dinding maka semakin besar kemampuannya untuk menahan beban lateral namun dengan batasan luas dinding tertentu. Terlihat bahwa dinding S2 memiliki luas yang lebih kecil dari S3 tetapi memiliki beban lateral yang lebih besar walaupun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Sekalipun dinding S3 yang memiliki luas lebih besar dengan kemampuan menahan beban lateral lebih besar daripada dinding S1 yang luas dindingnya lebih kecil, namun memiliki siklus yang lebih pendek dibandingkan dengan spesimen lainnya.

5.4.2 Kurva Selubung (*Envelope curve*)



Gambar 5.17 Perbandingan kurva *envelope* ketiga benda uji

Tabel 5. 2 Perbandingan parameter semua benda uji

Benda Uji	Load	Ke (kN/mm)	Py (kN)	Dy (mm)	P _{peak} (kN)	D _{peak} (mm)	Pu (kN)	Du (mm)	Ductility μ
S1	Tekan	7,4	14,14	2,65	16,6	14	13,3	24,8	9,38
	Tarik	6,72	11,42	2,52	13,4	15,1	10,7	34,6	13,75
	Rata-rata	7,06	12,78	2,58	15,0	14,5	12,0	29,7	11,56
S2	Tekan	5,03	22,47	2,85	26,4	19,0	21,1	30,6	10,76
	Tarik	9,59	22,46	2,58	28,7	15,6	23,0	25,2	9,78
	Rata-rata	7,31	23,46	2,72	27,6	17,3	22,0	27,9	10,27
S3	Tekan	7,89	21,8	2,48	25,6	11,3	20,5	25,6	10,34
	Tarik	7,35	18,74	2,42	22,0	6,84	17,6	15	6,2
	Rata-rata	7,62	20,27	2,45	23,8	9,08	19,0	20,3	8,27

Kurva selubung (*Envelope curve*) memperlihatkan beban maksimal disetiap siklus terlihat pada gambar 4.29. Kurva skeleton ditampilkan bersama dengan kurva bilinear yang dibuat berdasarkan metode *equivalent energy elastic-plastic (EEEP)* dalam ASTM E 2126. Parameter pada kurva menunjukkan *elastic stiffness* (Ke), beban yield (Py), beban peak (P_{peak}), beban maksimum (Pu), dan duktilitas dari semua spesimen. Tabel 5.2 memperlihatkan parameter seismik dari semua benda uji selama pengujian berlangsung.

- e. Nilai kekakuan elastik adalah nilai kekakuan dari kemiringan kurva selubung pada beban saat keadaan 0,4 P_{peak}. Kemiringan garis digunakan untuk menentukan bagian elastis kurva dan dengan menggunakan persamaan berikut untuk menentukan kekakuan elastis dari benda uji.

$$K_e = \frac{0.4 P_{peak}}{\Delta 0.4 P_{peak}} \quad (1)$$

Dimana:

K_e : Kekakuan elastik (kN/mm)

P_{peak} : Beban puncak

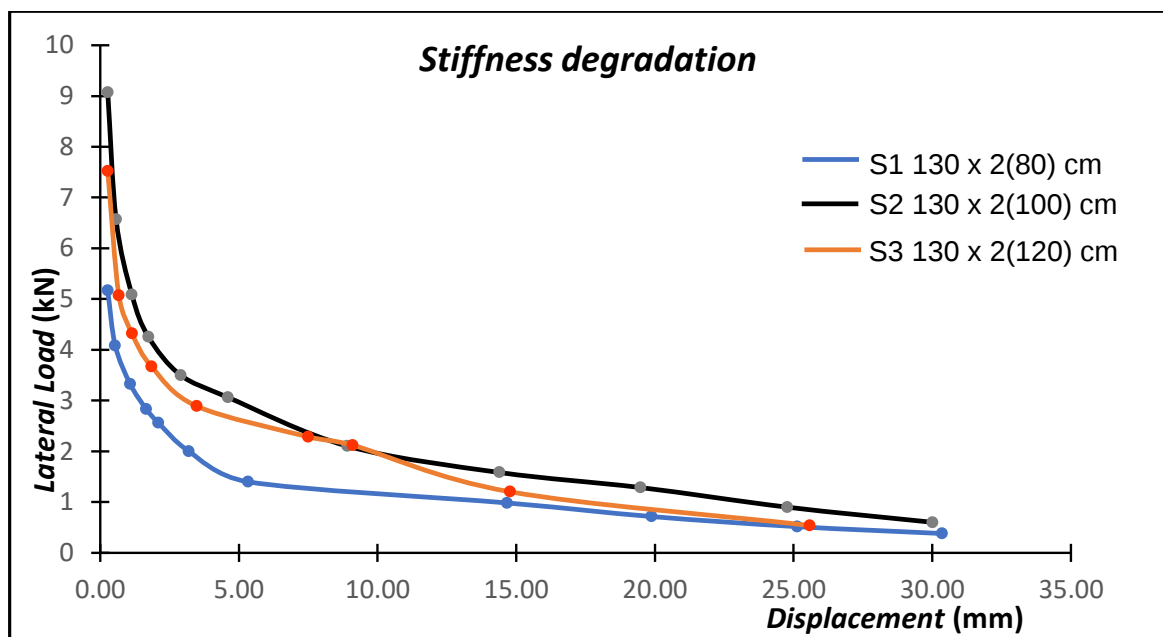
Δ 0.4 P_{peak} : perpindahan saat beban mencapai 0,4 P_{peak}

Pada benda uji S1 terlihat kekakuan elastik rata-ratanya sebesar 7,06 kN, Benda uji S2 sebesar 7,31 kN dan benda uji S3 memiliki nilai kekakuan elastis sebesar 7,62 kN. Nilai kekakuan elastis semua benda uji tidak terlalu berbeda dan ini terlihat pada bentuk kurva selubung yang memperlihatkan kemiringan kurva yang hampir sama. Walaupun terlihat bahwa benda uji dengan dinding yang terbesar memiliki kekakuan elastis yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji dengan dinding yang lebih kecil, tetapi perbedaannya tidak signifikan.

- f. Dengan metode *equivalent energy elastic-plastic* menggunakan standar ASTM 2126 didapatkan bahwa beban pada kondisi leleh (P_y) pada benda uji S1 dengan arah pembebanan tekan sebesar 14,14 kN dengan perpindahan sebesar 2,65 mm dan 11,42 kN dengan perpindahan sebesar 2,52 mm pada pembebanan tarik. Benda uji S2 pada pembebanan tekan sebesar 22,47 kN dengan perpindahan sebesar 2,85 mm dan 22,46 kN dengan perpindahan sebesar 2,58 mm pada pembebanan tarik. Benda uji S3 pada pembebanan tekan sebesar 21,8 kN dengan perpindahan 2,48 mm dan 18,74 kN dengan perpindahan sebesar 2,42 mm pada pembebanan tarik.
- g. Beban ultimit (P_u) adalah beban yang dicapai oleh benda uji pada kondisi 80% dari beban puncak (P_{Peak}). Beban Ultimit yang dicapai oleh benda uji S1 13,31 kN dengan perpindahan 24,85 mm pada pembebanan tekan dan 10,74 dengan perpindahan 34,65 mm pada pembebanan tarik. Pada benda uji S2 beban ultimit yang dicapai sebesar 21,14 kN dengan perpindahan sebesar 30,68 mm di pembebanan tekan dan 23,02 kN dengan perpindahan sebesar 25,23 mm pada pembebanan tarik. Benda uji S3 memiliki beban ultimit 20,52 kN dengan perpindahan sebesar 25,65 mm pada pembebanan tekan dan 17,64 kN dengan perpindahan 15 mm pada pembebanan tarik. Dari ketiga benda uji, terlihat bahwa benda uji 1 dengan dinding terkecil memiliki nilai ultimit paling kecil dibandingkan dengan benda uji 2 dan 3, namun memiliki kapasitas perpindahan yang lebih besar dibandingkan dengan kedua benda uji lainnya. Benda uji S2 memiliki beban ultimit lebih besar dari benda uji S3 yang memiliki dinding pengisi yang lebih besar dengan kapasitas perpindahan yang lebih besar dari dinding S3, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini luas dinding mempengaruhi beban ultimit dan kapasitas perpindahan ultimit. Semakin besar bidang dinding semakin besar beban ultimitnya tetapi dengan batasan tertentu sedangkan semakin kecil bidang dinding, maka semakin besar pula kapasitas perpindahannya.
- h. Daktilitas diartikan sebagai kemampuan struktur untuk menahan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen saat terkena beban yang berulang-ulang atau siklik. Daktilitas pada benda uji S1 sebesar 11,56 mm. Benda uji S2 sebesar 10,27 mm dan Benda Uji S3 sebesar 8,27mm. Pada penelitian ini, benda uji dengan luasan dinding terkecil memiliki daktilitas yang lebih besar dibandingkan benda uji dengan dinding yang lebih luas sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar bidang dinding pengisi maka semakin kecil daktilitasnya. Hal ini disebabkan karena dinding pengisi berperan sebagai pengaku bagi struktur bangunan. Selain itu dinding pengisi dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur tetapi periodenya lebih pendek (Ko, 2014) yang terlihat pada nilai duktilitas benda uji S3 yang lebih kecil dibandingkan benda uji S1 dan S2 tetapi kekuatannya lebih besar dibandingkan benda uji S1.

5.4.3 Kekakuan dan degradasi kekakuan

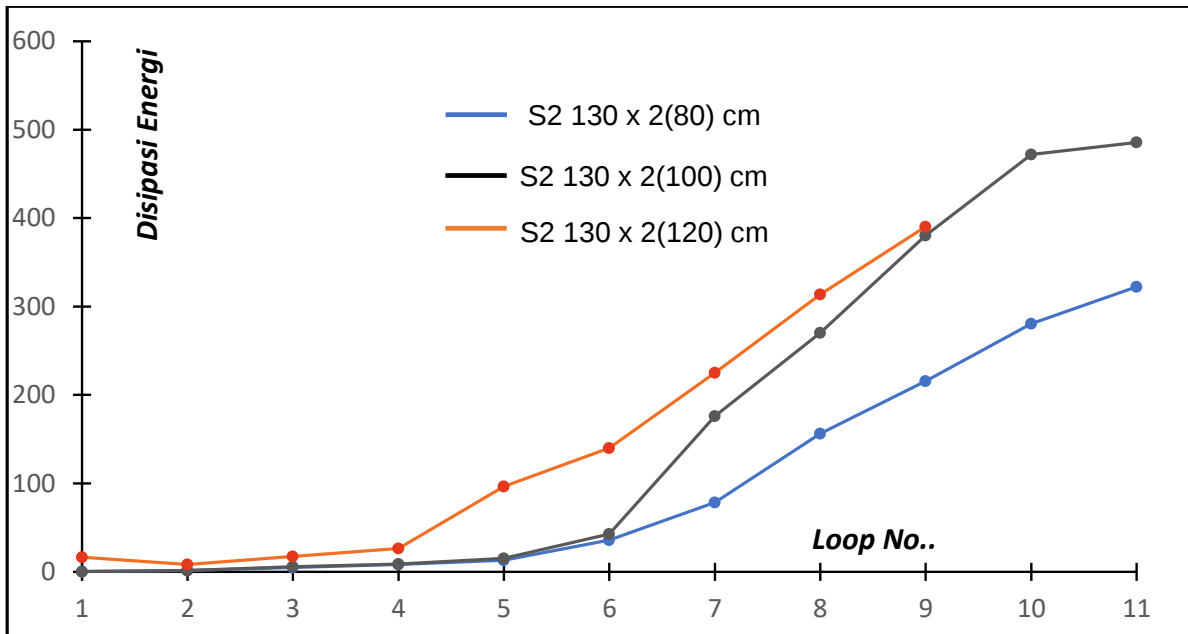
Degradasi kekakuan dalam penelitian ini digambarkan dalam kurva seperti yang terlihat pada Gambar 4.30. Benda uji S1 memiliki nilai kekakuan 5,16 kN dengan perpindahan 0,27 mm pada siklus awal di drift 1,03% dan 0,38 kN dengan perpindahan 30,36 mm di siklus terakhir drift ke 116,76%. Benda uji S2 memiliki nilai kekakuan 9,07 kN dengan perpindahan 0,27 mm di siklus awal drift ke 1,038% dan 0,6 kN dengan perpindahan 30,01 mm di siklus terakhir drift ke 115,42%. Benda uji S3 memiliki nilai kekakuan 7,52 kN dengan perpindahan 0,27 mm pada siklus awal drift ke 1,03% dan 0,54 kN dengan perpindahan 25,59 mm pada siklus terakhir drift ke 98,42%.



Gambar 5. 18 Perbandingan kurva kekakuan ketiga benda uji

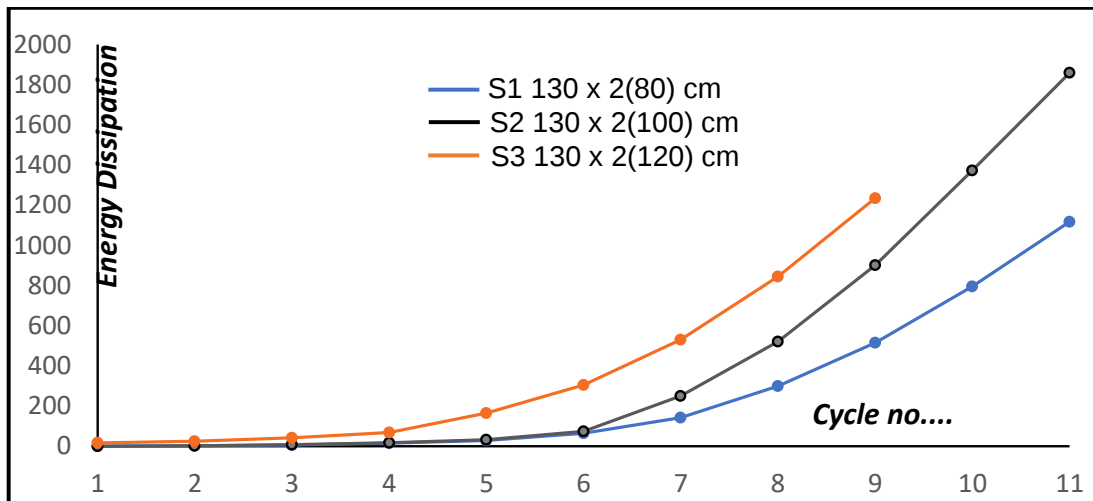
Dari kurva degradasi kekakuan terlihat bahwa benda uji S2 memiliki nilai kekakuan tertinggi di setiap siklus dan benda uji S1 memiliki nilai kekakuan terendah karena memiliki bidang dinding pengisi yang paling kecil diantara ketiga benda uji. Sedangkan benda uji S3 memiliki nilai kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda uji S2 tetapi lebih tinggi dari S1 walaupun bidang dindingnya yang terbesar, hal ini terjadi karena dinding yang lebih lebar akan cenderung lebih lentur. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil bidang dinding maka kekakuannya akan semakin kecil karena dinding pengisi memberikan kontribusi terhadap kekakuan struktur (Dutu 2016; Climent 2018) terlihat pada spesimen S1, tetapi pada rumah Kancingan lebar dinding juga memiliki batasan luas untuk mendapatkan kekakuan yang maksimal. Ini terlihat pada benda uji S2 yang memiliki bidang dinding lebih kecil dari S3 tetapi memiliki kekakuan yang lebih besar.

5.4.4 Energi Disipasi



Gambar 5.19 Perbandingan kurva energi disipasi ketiga benda uji

Energi disipasi dapat didefinisikan sebagai luas area kurva histeretik di setiap siklus yang terjadi selama proses pembebanan berlangsung. Sedangkan nilai energi disipasi kumulatif adalah penjumlahan dari nilai energi disipasi pada siklus pertama sampai akhir siklus disajikan seperti pada Gambar 5.19. Pada benda uji S1 dan S2, energi disipasi oleh benda uji relatif kecil dan sama hingga mendekati drift 40% sampai drift 100% terjadi peningkatan energi disipasi sedangkan pada benda uji S3, peningkatan energi disipasi terjadi di siklus ke 5 drift 10%. Semakin bertambah siklus pembebanan, semakin besar kapasitas perpindahan dan semakin besar pula energi disipasi benda uji (Casagrande 2016). Penjumlahan energi disipasi menggambarkan energi yang hilang selama pembebanan siklik yang diakibatkan oleh *friksion* antara *joint*, terangkatnya paku dari sambungan dan residual deformasi dari dinding panel (vasconcelos, 2013; Kildashi, 2021). Dari hasil pengujian terlihat bahwa benda uji dengan luas dinding terbesar (S3) memiliki nilai energi disipasi tertinggi diantara 3 benda uji, sedangkan benda uji S2 dan S1 berada di urutan dua dan tiga (gambar 5.21), hal ini terjadi karena dinding pengisi adalah komponen utama (kunci) dari *bearing capacity* dan kapasitas energi disipasi (Xie, 2019), dan pada penelitian ini semakin besar bidang dinding maka semakin besar pula energi disipasi yang dihasilkan disetiap siklus sekalipun memiliki jumlah siklus yang lebih pendek dari dua benda uji lainnya selama pembebanan berlangsung.



Gambar 5. 20 Kurva perbandingan akumulasi energi disipasi ketiga benda uji

5.4.5 Ragam kegagalan pada benda uji

a. Rangka kayu termasuk sambungan paku pada *joint*

Seperti yang terlihat pada kurva histeretik, *pinching* efek terjadi pada siklus ke 6 yang mengindikasikan kelemahan pada *joint* yang disebabkan oleh terangkatnya paku dari sambungan dan dinding pengisi yang mulai terlepas dari rangka kayu (Ruggieri, 2015). Selama pembebanan berlangsung, terjadi kegagalan pada sambungan paku pada *joint* rangka kayu yang disebut *nail pull-through* (Gambar 5.21 a) yang mulai terjadi saat pengujian mencapai drift 34,076% *displacement* 8,86 mm pada benda uji 1, drift 33.92% *displacement* 8.82 mm pada benda uji 2 dan drift 30.92% *displacement* 8,04 mm pada benda uji 3 yang ditandai dengan terangkatnya (*uplift*) dinding pengisi dari balok dan terangkatnya (*pull out*) (5.21 b) kolom dari sambungan. Semakin bertambah siklus pembebanan maka jarak terangkatnya dinding dan kolom semakin meningkat. *Gap* (Gambar 5.21 c) yang terjadi antara dinding pengisi dengan rangka kayu disebabkan tidak adanya ikatan antara kedua material ini (Dutu, 2017) karena sifat fisisnya yang berbeda. Kegagalan terbesar terjadi pada sambungan kayu yang diperkuat oleh paku sehingga terjadi deformasi pada dinding yang sesuai dengan penelitian Vasconcelos, 2013. Perlu adanya tindakan untuk meningkatkan kinerja *joint* rangka kayu, salah satunya dengan penambahan plat baja (Goncalves, 2014) atau mengganti paku dengan self-tapping screws (Kildashi, 2021).



(a)



(b)



(e)

Gambar 5.21 Pola kegagalan benda uji. (a) *nail pull-through*. (b) *pull-out*. (c) Gap yang terjadi pada sambungan dinding dan rangka kayu

b. Dinding pengisi batubata

Dinding yang diperkuat oleh rangka kayu dapat mencegah deformasi geser yang besar pada sambungan dan dapat meningkatkan energi disipasi selama pembebanan berlangsung (Parisse, 2021). Dalam pengujian ini perilaku retak dinding pengisi diamati mulai dari retak awal sampai berakhirnya pengujian. Ketiga benda uji menunjukkan pola keretakan yang hampir mirip. Pada benda uji S1 retak awal mulai muncul di siklus ke 4 drift 5,9% pada beban lateral 4,6 kN dengan perpindahan 1,54 mm. Pada benda uji S2 retak awal terjadi di siklus 4 drift 6,46% pada beban lateral 9,63 dengan perpindahan 1,68 mm. Pada benda uji S3 retak awal terjadi pada siklus ke 5 drift 9,23% pada beban lateral 7,63 dengan perpindahan 2,4 mm. Sekalipun terjadi retak pada dinding tetapi hanya sebatas retak rambut dan dinding tidak mengalami keruntuhan karena adanya paku yang berperan sebagai angkur untuk menghubungkan rangka kayu dengan dinding pengisi. Angkur ini juga berfungsi untuk mendukung aksi komposit dinding dan rangka kayu dalam hal menahan beban gempa (Hutajulu, 2019). Selain peran paku sebagai angkur, pembagian dinding menjadi panel yang lebih kecil yang dilengkapi dengan kolom dan balok horisontal serta kualitas mortar yang kurang bagus menyebabkan dinding hanya mengalami retak rambut dan tidak mengalami keruntuhan (Langenbach, 2007).

5.5 Rekomendasi Bidang Rangka Dinding Berdasarkan Kinerja Seismik.

Pola rangka kayu pada dinding rumah Kancingan sangat bergantung pada pola kusen yang digunakan termasuk lebar dan tinggi kusen. Pola rangka kayu pada rumah Kancingan akan berpengaruh terhadap desain arsitekturalnya, seperti yang terjadi di Pombalino dimana faktor geometri panel mempengaruhi desain arsitektur dengan kehadiran kayu diagonal dan dinding pengisi (Kouris, 2014).

Dari hasil eksperimen diatas, kami mencoba merekomendasikan jarak rangka dinding yang paling baik digunakan sebagai geometri rangka pada dinding rumah Kancingan dengan menggunakan kurva regresi polinomial sederhana hubungan antara beban lateral dengan luas benda uji, maka didapatkan kurva seperti terlihat pada Gambar 5.22.

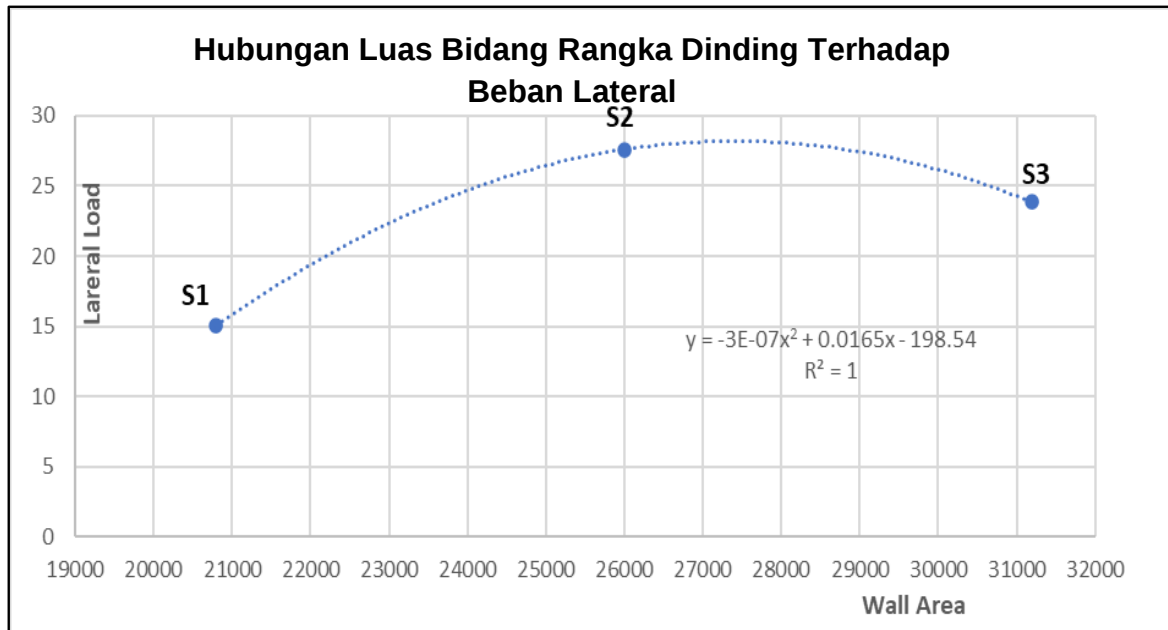
Gambar 5.22 memperlihatkan dinding dengan kekuatan yang baik berada diantara S1 dan S3, dalam artian jarak rangka dinding yang baik harus lebih besar dari 80 cm (S1) dan Lebih kecil atau sama dengan 120 cm (S3). Dari rumus regresi pada kurva polinomial, kita dapat memprediksi beban lateral dinding dengan luas bidang rangka dinding yang berbeda untuk mendapatkan jarak ideal rangka dinding yang memiliki kemampuan untuk memikul beban lateral lebih baik.

$$Y = -3E-07x^2 + 0.0165x - 198.54 \quad (2)$$

Dimana

Y : beban lateral maksimum

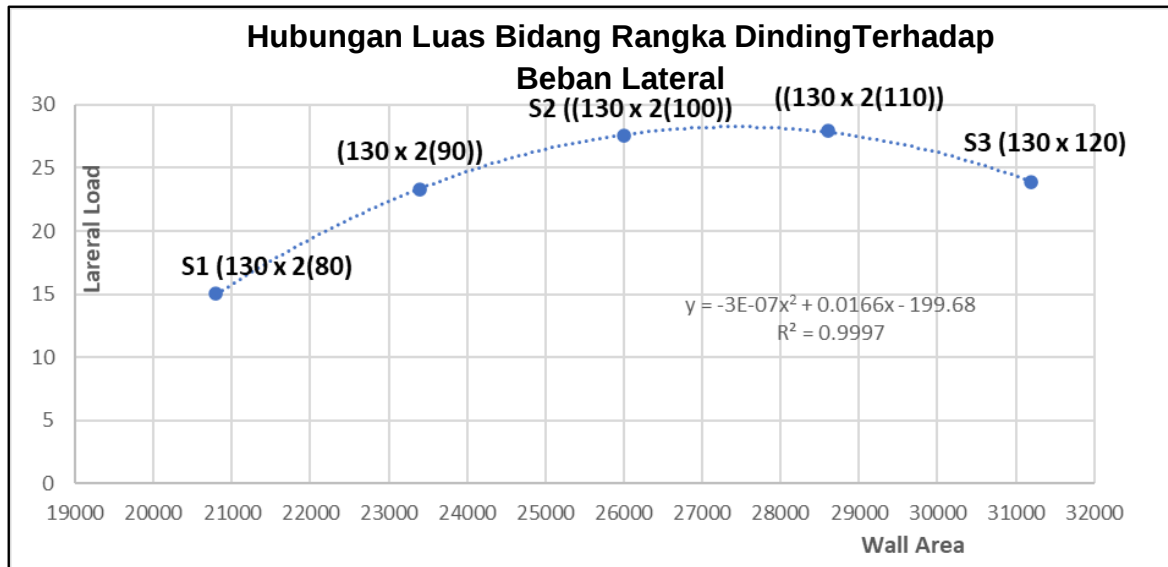
X : luas bidang rangka dinding



Gambar 5. 22 Regresi Polinomial hubungan luas bidang rangka dinding terhadap beban lateral

Dengan persamaan regresi, dibuat kurva untuk mendapatkan luas dinding yang ideal seperti Gambar 4.38. Terlihat bahwa dinding dengan luas 130x2(90), 130x2(100) dan 130x2(110) memiliki kinerja yang baik. Hasil inilah yang dapat menjadi rekomendasi jarak rangka dinding pada Rumah Kancingan yaitu 90 cm, 100 cm dan 110 cm. Rekomendasi jarak rangka kayu ini akan berpengaruh terhadap denah bangunan pada pengaplikasiannya di lapangan.

Denah berkaitan dengan ruang dan volume ruang yang terbentuk dari aktivitas yang menentukan fungsi dari ruang tersebut. Sebuah ruang membentuk dinding yang pada rumah Kancingan sangat berkaitan jarak rangka kayu dan luas bidang dinding pasangan batu bata. Penetapan pembatasan ukuran jarak rangka pada rumah Kancingan hanya akan berpengaruh terhadap luas ruangan dan pemilihan ukuran bukaan pintu dan jendela sesuai dengan limitasi jarak terkecil sampai jarak terbesar. Contohnya dinding kamar mandi yang panjang dindingnya 1.5 m dengan rangka akan terbagi menjadi 70 cm untuk bukaan pintu dan 80 cm untuk rangka dinding dapat diubah dengan menambah panjang dinding 10 cm menjadi 1.6 m agar pembagiannya dapat menjadi 70 cm untuk bukaan pintu dan 90 cm untuk rangka dinding. Untuk dinding dengan panjang 3 m dengan bukaan pintu 80 cm, maka pembagiannya bisa menjadi 110 cm, 110 cm dengan bukaan pintu 80 cm, dan seterusnya



Gambar 5. 23 Kurva polinomial luas bidang rangka dinding ideal pada rumah Kancingan.

Sistem konstruksi sangat berpengaruh terhadap fleksibilitas dalam ruang arsitektur dan dapat menciptakan lingkungan yang nyaman (Olewi, 2020). Pada rumah Kancingan, dengan adanya pembatasan luas bidang rangka dinding yang direkomendasikan tidak akan terlalu berpengaruh terhadap tampilan fasad bangunan, sebab kecenderungan masyarakat yang menggunakan rumah Kancingan berusaha untuk menyembunyikan identitas konstruksi Kancingan pada bangunan karena *trend* yang sedang ada saat ini, dimana masyarakat di Merauke lebih menyukai rumah yang terlihat kokoh dan kuat serta modern sehingga rangka-rangka kayu yang digunakan sedapat mungkin disembunyikan (Octavia, 2024).

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari survey yang dilakukan terhadap 95 rumah Kancingan yang tersebar di distrik Merauke, maka dapat disimpulkan karakteristik struktur rumah Kancingan berdasarkan jenis material, pola rangka, dan jenis sambungan pada kebanyakan rumah Kancingan sebagai berikut:

1. Material

Jenis material kayu yang paling banyak digunakan adalah jenis kayu Bus. Kayu Bus menjadi pilihan yang paling banyak digunakan sebab kayu Bus termasuk kayu dengan harga murah dan ketersediaannya masih sangat banyak dibandingkan dengan kayu besi ataupun rahay.

2. Pola rangka dinding

Pola rangka rangka dinding sangat tergantung pada pola bukaan pintu dan jendela. Rumah Kancingan merupakan bangunan *non engineer* yang dibangun tanpa perencanaan matang dari seorang ahli bangunan sehingga hasil akhir bangunan terutama pola rangka dinding sangat bergantung pada pengetahuan dan pengalaman dari tukang yang membuatnya. Faktor inilah yang menyebabkan beragamnya ukuran rangka pada rumah Kancingan. Dari survey yang dilakukan, diambil Kesimpulan tinggi dan jarak modul yang paling sering muncul pada rumah Kancingan adalah tinggi rangka 130 cm dan jarak modul yang sering muncul adalah 100 cm, 120 cm dan 80 cm.

3. Jenis sambungan

Seperti halnya bangunan rangka kayu tradisional di Indonesia, rumah Kancingan juga menggunakan sambungan *calved joint* yang dikombinasi dengan sambungan *mortise and tenon* dan diperkuat dengan paku. Sambungan jenis ini juga ditemui di beberapa bangunan rangka kayu dengan dinding pengisi di negara lain seperti pada bangunan *Chuandow* di Cina, *Pombalino* di Portugal serta *Himis* di Turki.

Dari pengujian terhadap 2 benda uji yaitu benda uji 1 rangka kayu dengan dinding pengisi dan benda uji 2 rangka kayu tanpa dinding pengisi, didapatkan bahwa benda uji dengan dinding pengisi memiliki nilai parameter seismik yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang tidak memiliki dinding pengisi. Hal ini disebabkan karena dinding pengisi batubata dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur walaupun dengan siklus yang lebih pendek dibandingkan dengan benda uji tanpa dinding pengisi. Kehadiran dinding pengisi secara signifikan meningkatkan perilaku seismik struktur.

Selama pembebanan berlangsung, rangka kayu mengalami kerusakan yang paling besar dibandingkan dengan dinding pengisi batubata karena adanya kegagalan pada sambungan paku di *joint* kayu yang merupakan kelemahan dari

konstruksi dinding Rumah Kancingan. Lain halnya dengan paku pada *joint* kayu, paku yang berfungsi sebagai angkur pada Rumah Kancingan memegang peranan penting dalam mencegah keruntuhan dinding pengisi karena paku akan menjaga dinding agar tidak rubuh saat dinding pengisi telah kehilangan ikatannya dengan rangka kayu.

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap 3 benda uji dengan luas bidang rangka dinding yang berbeda. Benda uji S1 yang berukuran 130 cm x 2(80) cm, benda uji S2 yang berukuran 130 cm x 2(100) cm dan benda uji 3 yang berukuran 130 cm x 2(120) cm. Dari ketiga benda uji yang diuji untuk mengetahui kinerja seismik masing-masing spesimen berdasarkan luasnya. Didapat bahwa benda uji S1 yang merupakan dinding dengan ukuran terkecil memiliki beban puncak, beban ultimit dan kekakuan yang terendah dari benda uji lainnya tetapi daktilitasnya yang paling tinggi. Benda uji S2 memiliki beban puncak, beban ultimit dan kekakuan tertinggi dari benda uji lainnya sedangkan benda uji S3 yang memiliki ukuran dinding terbesar memiliki beban puncak, beban ultimit dan kekakuan yang lebih besar dari S1 tetapi lebih kecil dari S2 serta memiliki nilai daktilitas terendah diantara benda uji lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar dinding pengisi pada rangka dinding Kancingan maka semakin besar beban puncak, beban ultimit dan kekakuannya tetapi dengan batasan tertentu dan pada penelitian ini batasan luas bidang rangka dinding adalah lebih besar dari S1 dan lebih kecil atau sama dengan S3. Sedangkan untuk energi disipasi, terlihat bahwa benda uji S3 memiliki energi disipasi yang tertinggi dari benda uji lainnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar dinding semakin besar energi disipasi yang dilepas oleh dinding selama pengujian siklik.

Berdasarkan pengujian terhadap dinding dengan ukuran rangka yang berbeda maka penelitian ini merekomendasikan jarak rangka dinding berdasarkan kinerja seismiknya yaitu jarak rangka dinding tidak boleh lebih kecil dari 80 cm dan tidak boleh lebih besar dari 120 cm. Berdasarkan hasil pengujian ini diambil data luas dinding dengan metode regresi polinomial sederhana dan didapatkan hasil bahwa jarak rangka dinding yang direkomendasikan adalah 90 cm, 100 cm dan 110 cm. Hasil rekomendasi ini tidak berpengaruh banyak terhadap bentuk fasad Rumah Kancingan namun lebih berpengaruh terhadap luas ruangan dan pemilihan ukuran bukaan pintu dan jendela.

6.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan untuk melakukan pengujian terhadap konstruksi dinding Rumah Kancingan dengan melakukan perkuatan pada sambungan paku pada *joint* rangka kayu serta melakukan perbandingan hasil pengujian dengan metode numerikal menggunakan aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- 15-2094-2000, S. (2000) *Bata merah pejal untuk pasangan dinding*. Jakarta: BSN.
- Acar, D. (2017) 'Evolution and rationalization of timber frame design in Istanbul in the second half of the nineteenth century', *Journal of Architectural Conservation*, 23(3), pp. 190–210. doi: 10.1080/13556207.2017.1330384.
- Ahmed, S. and Arocho, I. (2020) 'Mass timber building material in the U.S. construction industry: Determining the existing awareness level, construction-related challenges, and recommendations to increase its current acceptance level', *Cleaner Engineering and Technology*, 1(July), p. 100007. doi: 10.1016/j.clet.2020.100007.
- Aktaş, Y. D. *et al.* (2014) 'Seismic resistance evaluation of traditional ottoman Timber Frame Himiş houses: Frame loadings and material tests', *Earthquake Spectra*, 30(4), pp. 1711–1732. doi: 10.1193/011412eqs011m.
- Arikunto (2014) 'Metodologi dan Strategi Penelitian', *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, p. 125.
- Asriany, S. and Sofyan, A. (2017) 'Analisis Termal pada Material Alami Gaba-gaba (Pelepah Sagu) sebagai Bahan Alternatif Hemat Energi', (October), pp. H001–H006. doi: 10.32315/ti.6.h001.
- ASTM (2015) 'ASTM E2126 Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings', i(C), pp. 1–14. doi: 10.1520/E2126-11.2.
- Bağbancı, M. B. and Bağbancı, Ö. K. (2018) 'The Dynamic Properties of Historic Timber-Framed Masonry Structures in Bursa, Turkey', *Shock and Vibration*, 2018. doi: 10.1155/2018/3257434.
- Benavent-Climent, A., Ramírez-Márquez, A. and Pujol, S. (2018) 'Seismic strengthening of low-rise reinforced concrete frame structures with masonry infill walls: Shaking-table test', *Engineering Structures*, 165(January), pp. 142–151. doi: 10.1016/j.engstruct.2018.03.026.
- Betaubun, P. and Hairulla (2018) 'Compressive strength and tensile tests for concrete made from local materials from Toftof, Eligobel District', *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(8), pp. 574–579.
- Boudaud, C. *et al.* (2015) 'Joints and wood shear walls modelling II: Experimental tests and FE models under seismic loading', *Engineering Structures*, 101, pp. 743–749. doi: 10.1016/j.engstruct.2014.10.053.
- BPS Merauke (2022) *Merauke Dalam angka 2021*.
- Casagrande, D. (2014) 'Study of Timber-frame Building Seismic Behaviour by means of Numerical Modelling and Full-scale Shake Table Testing', *Department of Civil, Mechanical and Structural Engineering*. doi: 10.1007/s00107-016-1013-6.

- Casagrande, D. *et al.* (2016) 'Experimental campaign for the mechanical characterization of connection systems in the seismic design of timber buildings', *WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering*, (July).
- Cheng, X. *et al.* (2020) 'A new construction technology suitable for frame partitioned infill walls with sliding nodes and large openings: Test results', *Construction and Building Materials*, 2558(8). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119644>.
- Connolly, T. *et al.* (2018) 'Feasibility study of mass-timber cores for the UBC tall wood building', *Buildings*, 8(8). doi: 10.3390/buildings8080098.
- Cui, C. *et al.* (2020) 'Seismic performance and repair of Chuan-dou timber-framed masonry building', *Engineering Failure Analysis*, 118(July), p. 104941. doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104941.
- Davies, N. and Jokiniemi, E. (2008) *Dictionary of Architecture and Building Construction*, *Dictionary of Architecture and Building Construction*. doi: 10.4324/9780080878744.
- Doloksaribu, B. and Nababan, D. S. (2021) 'Studi Ekperimental Kekuatan Struktur Rangka Batang dengan Menggunakan Kayu Bus Merauke', *Mustek Anim Ha*, 10(3), pp. 112–116. doi: 10.35724/mustek.v10i3.4187.
- Dutu, A. *et al.* (2012) 'R . ISI . 16 - " Timbered masonry for earthquake resistance in Europe / Mampostería con madera sismorresistente en Europ`a ", A . Duțu , João Gomes Ferreira , Luis Guerreiro , Fernando Branco , Ana Gonçalves , Materiales de', (December). doi: 10.3989/mc.2011.01811.
- Dutu, A. *et al.* (2016) 'In-Plane Behavior of Timber Frames with Masonry Infills under Static Cyclic Loading', *Journal of Structural Engineering*, 142(2), pp. 1–18. doi: 10.1061/(asce)st.1943-541x.0001405.
- Dutu, A. *et al.* (2022) 'Timber framed masonry houses: resilient or not?', *European Conference on Earhtquake Engineering and Seismology*, (September), pp. 2028–2036. Available at: https://www.researchgate.net/publication/363294643_Timber_framed_masonry_houses_resilient_or_not.
- Duțu, A., Sakata, H. and Yamazaki, Y. (2017) 'Comparison Between Different Types of Connections and Their Influence on Timber Frames With Masonry Infill Structures' Seismic Behavior', *16" World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017*, 951(January), p. 12. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/312606700>.
- Feyza, S., Ergun, Y. and Schuller, M. (2021) 'Timber frame system after the western influence on the houses of Istanbul', *file:///C:/Users/asus/Desktop/simplified structural analysis of traditional timber house/10.1016@j.buildenv.2006.05.008.pdf*, (September), pp. 339–346.
- Gonçalves, A. M. *et al.* (2012) 'Experimental Characterization of Pombalinos "Frontal"

- Walls Cyclic Behaviour', *15th International Conference on Experimental Mechanics*, (September), pp. 1–13. doi: 10.12989/sem.2015.53.2.189.
- Gonçalves, A. M. et al. (2013) 'Numerical Modelling and Experimental Characterization of Pombalino " Frontal " Wall', *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure (IRF2013)*, (July 2015), pp. 1–12.
- Hakam, A., Nur, O. F. and Rido, R. (2011) 'Kajian Eksperimental Pada Dinding Bata Di Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Displacement Control', *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, p. 15. doi: 10.25077/jrs.7.2.15-28.2011.
- Hejazi, M., Hoseyni, M. and Çiftçi, A. (2022) 'In-plane cyclic behaviour of half-timbered walls with fired brick infill', *Journal of Building Engineering*, 54(May), p. 104580. doi: 10.1016/j.job.2022.104580.
- Huang, H. et al. (2018) 'Seismic behavior of Chuan-Dou type timber frames', *Engineering Structures*, 167(March 2017), pp. 725–739. doi: 10.1016/j.engstruct.2017.10.072.
- Hutajulu, M., Tarigan, J. and Tarigan, P. (2019) 'Analisa Pushover dan Eksperimen Struktur Portal dengan Dinding Batubata dengan Menggunakan Angkur pada Kolom dan Balok pada Non Engineered Building', *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), p. 158. doi: 10.14710/mkts.v24i2.19914.
- Ir. Heinz Frick (1982) *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*, Kanisius. Yogyakarta.
- Ir. Heinz Frick (1999) *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Khadka, S. S. et al. (2023) 'Enhancement of Himalayan irregular stone masonry buildings for resilient seismic design', *Frontiers in Built Environment*, 9(March), pp. 1–20. doi: 10.3389/fbuil.2023.1086008.
- Kildashti, K. et al. (2021) 'Computational simulation of light timber framing connections strengthened with self-tapping screws', *Journal of Building Engineering*, 44(March), p. 103003. doi: 10.1016/j.job.2021.103003.
- Ko, H., Kim, H. S. and Kang, J. W. (2014) 'Evaluation of seismic behavior of RC moment resisting frame with masonry infill walls', *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 13(3), pp. 641–648. doi: 10.3130/jaabe.13.641.
- Kolb, J. (2008) *Systems in Timber Engineering*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag AG.
- Kouris, L. A. S. and Kappos, A. J. (2012) 'Detailed and simplified non-linear models for timber-framed masonry structures', *Journal of Cultural Heritage*, 13(1), pp. 47–58. doi: 10.1016/j.culher.2011.05.009.
- Langenbach, R. (2007) 'From "Opus Craticium" to the "Chicago frame": Earthquake-resistant traditional construction', *International Journal of Architectural Heritage*, 1(1), pp. 29–59. doi: 10.1080/15583050601125998.
- Liu, M., Su, N. and Zu, X. (2021) 'DESIGN AND PERFORMANCE OF NAIL

- CONNECTION IN WOOD FRAMING SHEAR WALLS', 67(3), pp. 437–446. doi: doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.2.291301.
- Luo, Y. (2011) 'The traditional elements and modern architectural design', *Advanced Materials Research*, 243–249, pp. 6562–6565. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.6562.
- Makarios, T. and Demosthenous, M. (2006) 'Seismic response of traditional buildings of Lefkas Island, Greece', *Engineering Structures*, 28(2), pp. 264–278. doi: 10.1016/j.engstruct.2005.08.002.
- Meghlat, E. M. *et al.* (2013) 'A new approach to model nailed and screwed timber joints using the finite element method', *Construction and Building Materials*, 41, pp. 263–269. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.068.
- Mezentsev, S. D. and Gavrikov, D. S. (2015) 'Architecture of Modern Timber-Framing Houses', *Indian Journal of Science and Technology*, 8(30), pp. 1–9. doi: 10.17485/ijst/2015/v8i30/86530.
- Nurcholis (2014) *Prinsip-prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andy.
- Octavia, S. *et al.* (2018) 'The Feasibility of the Kancingan House Structure in Merauke City', (January 2018). doi: 10.2991/icst-18.2018.88.
- Octavia, S. *et al.* (2024) 'Architectural Analysis of Rumah Kancingan in Merauke', *International Journal of Technology*, 15(2), p. 289. doi: 10.14716/ijtech.v15i2.6687.
- Octavia, S., Raubaba, H. S. and Simorangkir, Y. V. (2019) 'Wood and steel as a material alternative of concrete replacement in house structures in merauke city', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1). doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012231.
- Ortega, J., Vasconcelos, G. and Correia, M. (2014) 'An overview of the seismic strengthening techniques traditionally applied in vernacular architecture', *9th International Masonry Conference, Guimarães, Portugal*, (July).
- Panennungi, T. and Pertiwi, N. (2018) *Ilmu bahan Bangunan*, Badan Penerbit UNM.
- Parisse, F. *et al.* (2021) 'Numerical modeling of the seismic performance of Romanian timber-framed masonry walls', *Engineering Structures*, 239(April), p. 112272. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.112272.
- Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Tahan Gempa* (2006).
- Peraturan pembebanan Indonesia Untuk Gedung* (1983).
- Poletti, E. and Vasconcelos, G. (2015) 'Seismic behaviour of traditional timber frame walls: experimental results on unreinforced walls', *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(3), pp. 885–916. doi: 10.1007/s10518-014-9650-9.
- Psycharis, I. N., Pantazopoulou, S. J. and Papadrakakis, M. (2015) *Seismic*

- Assessment, Behavior and Retrofit of Heritage Buildings and Monuments, Computational Methods in Applied Sciences* 37. doi: 10.1007/978-3-319-16130-3.
- Qu, Z. *et al.* (2020) 'Behavior of masonry infilled Chuandou timber frames subjected to in-plane cyclic loading', *Engineering Structures*, 211(May). doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110449.
- Remayanti, C. *et al.* (2011) 'Analisis Dinding Pasangan Batu Bata Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga', *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(2).
- Ren, C., Bian, R. and Li, S. (2018) 'On Technology and Ritual of Chuandou House Construction in Southwest China: The Case of Dong Minority Area', *Built Heritage*, 2(1), pp. 39–48. doi: 10.1186/BF03545701.
- Rildova *et al.* (2012) 'Experimental Study on the Behaviour of Plastered Confined Masonry Wall under Lateral Cyclic Load', *15th World Conference on Earthquake Engineering 2012*, (iv), pp. 7157–7166.
- Rodionov, A. S. *et al.* (2020) 'Comparison and analysis of the main building materials' characteristics for construction', *Journal of Physics: Conference Series*, 1614(1). doi: 10.1088/1742-6596/1614/1/012047.
- RSNI T – 02 - 2003 (2003) *Standar Nasional Indonesia*.
- Ruggieri, N., Tampone, G. and Zinno, R. (2015) 'In-Plane Versus Out-of-Plane "behavior" of an Italian Timber Framed System - The Borbone Constructive System: Historical Analysis and Experimental Evaluation', *International Journal of Architectural Heritage*, 9(6), pp. 696–711. doi: 10.1080/15583058.2015.1041189.
- Shen, Y. *et al.* (2021) 'Seismic resistance of timber frames with mud and stone infill walls in a chinese traditional village dwelling', *Buildings*, 11(12). doi: 10.3390/buildings11120580.
- Shen, Y. *et al.* (2022) 'Enhancing the In-Plane Behavior of a Hybrid Timber Frame–Mud and Stone Infill Wall Using PP Band Mesh on One Side', *Polymers*, 14(4). doi: 10.3390/polym14040773.
- SNI-2094-1991 (1991) *Bata Merah Pejal*. Jakarta: DSN.
- Sugiyono (2016) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, R&D*. Bandung: IKAPI.
- Sunggono, K. . (1995) *Buku Teknik Sipil*. Bandung: Nova.
- Susila, G. A., Mandal, P. and Swailes, T. (2012) 'A Comparison of the Structural Performance of Low- Rise Timber Framed Buildings and Masonry Buildings in a Developing Country (Indonesia).', *Apsec-Iccer*, (October), pp. 2–4.
- Syiemiong, H. and Marthong, C. (2021) 'A review on improved construction methods for clay-brick and concrete-block ordinary masonry buildings', *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 6(2), pp. 67–83. doi:

10.1080/24705314.2020.1862963.

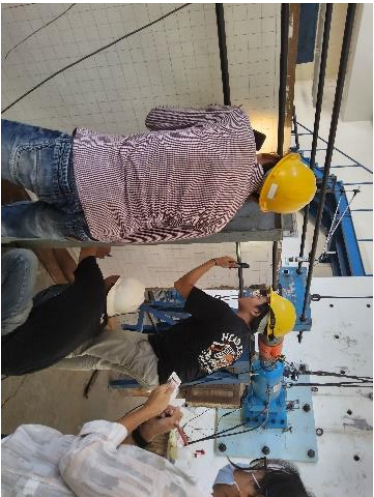
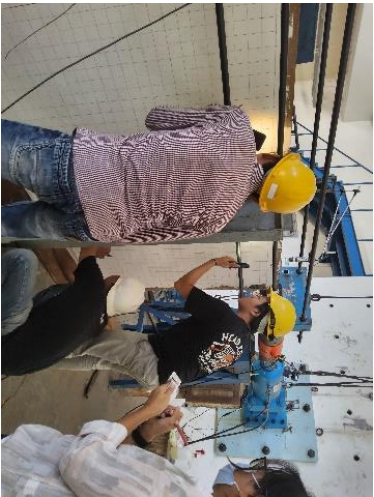
- Szczepański, M. and Migda, W. (2020) 'Analysis of validation and simplification of timber-frame structure design stage with PU-foam insulation', *Sustainability (Switzerland)*, 12(15). doi: 10.3390/su12155990.
- Tezcan Uysal, H. and Genç, E. (2017) 'Maslow ' S Hierarchy of Needs in 21St Century : the Examination of', *Researches on Science and Art in 21st Century Turkey*, (April 2018), pp. 211–227.
- Tjondro, J. A. (2014) 'Perkembangan dan Prospek Rekayasa Struktur Kayu di Indonesia', *Seminar dan Lokakarya rekayasa Struktur*.
- Topan, A. et al. (2023) 'Development of Structural Materials and House Construction in Merauke', *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 16, pp. 470–474. doi: <https://doi.org/10.47577/technium.v16i.10032>.
- Topan, A., Octavia, S. and Soleman, H. (2018) 'Analysis of the semi-permanent house in Merauke city in terms of aesthetic value in architecture', *Journal of Physics: Conference Series*, 1025(1). doi: 10.1088/1742-6596/1025/1/012021.
- Tu, L. et al. (2021) 'Experimental study of traditional Chuan-dou frames infilled with wood panels under in-plane cyclic load', *Journal of Building Engineering*, 43(December 2020), p. 102854. doi: 10.1016/j.job.2021.102854.
- Vasconcelos, G. et al. (2013a) 'In-plane shear behaviour of traditional timber walls', *Engineering Structures*, 56(June), pp. 1028–1048. doi: 10.1016/j.engstruct.2013.05.017.
- Vasconcelos, G. et al. (2013b) 'In-plane shear behaviour of traditional timber walls', *Engineering Structures*, 56(July 2016), pp. 1028–1048. doi: 10.1016/j.engstruct.2013.05.017.
- Vieux-Champagne, F. et al. (2014) 'Experimental analysis of seismic resistance of timber-framed structures with stones and earth infill', *Engineering Structures*, 69, pp. 102–115. doi: 10.1016/j.engstruct.2014.02.020.
- Wadi, H. et al. (2019) 'Lateral load-carrying capacity of hemp concrete as a natural infill material in timber frame walls', *Engineering Structures*, 180, pp. 264–273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.046>.
- Xie, Q. et al. (2019) 'Lateral performance of traditional Chinese timber frames: Experiments and analytical model', *Engineering Structures*, 186(February), pp. 446–455. doi: 10.1016/j.engstruct.2019.02.038.
- Xu, R., Qi, Y. and Huang, H. (2024) 'Experimental Study on the Seismic Performance of Traditional Timber Frame with Wattle and Daub Infill', *Lecture Notes in Civil Engineering*, 259(January), pp. 795–805. doi: 10.1007/978-981-99-3362-4_66.
- Zelly, R., Purwantiasning, A. W. and Nur'aini, R. D. (2015) 'Analisa Konstruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Rumah Tradisional Suku Basemah di Kota Pagaralam Sumatera Utara', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*,

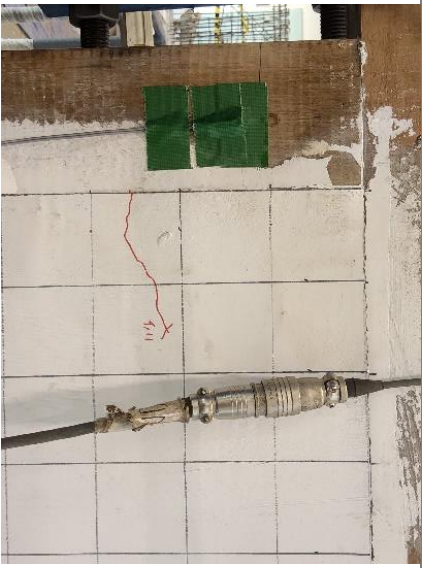
(November), pp. 1–10.

Zhang, H. *et al.* (2023) 'Seismic Performance of SFRC Shear Walls with Window Opening and the Substitution Effect for Steel Bars', *Buildings*, 13(6). doi: 10.3390/buildings13061550.

Lampiran 1

Tabel Perilaku dinding selama pengujian berlangsung

Siklus		Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
1		Tekan	2.27		Belum terjadi retak	
		Tarik	-2.63	0.33	Belum terjadi retak	
2		Tekan	4.11	0.65	Belum terjadi retak	
		Tarik	-3.27		Belum terjadi retak	
3.		Tekan	7.11		Belum terjadi retak	
		Tarik	-4.90	1.30	Belum terjadi retak	

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
	Tekan	9.63		Terjadi retak rambut	
	Tarik	-5.7			
4			1.95		
	Tarik	-5.7			
5	Tekan	10.80		Tidak terjadi retak	
	Tarik	-6.87	2.60	Tidak terjadi retak	
	Tekan	13.49		Tidak terjadi retak	
	Tarik	-15.00		Terjadi retak rambut	
6.1			5.20		
	Tarik	-15.00		Terjadi retak rambut	

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
--------	--------------------	-------------------------	--------------------------	------------------	-------------

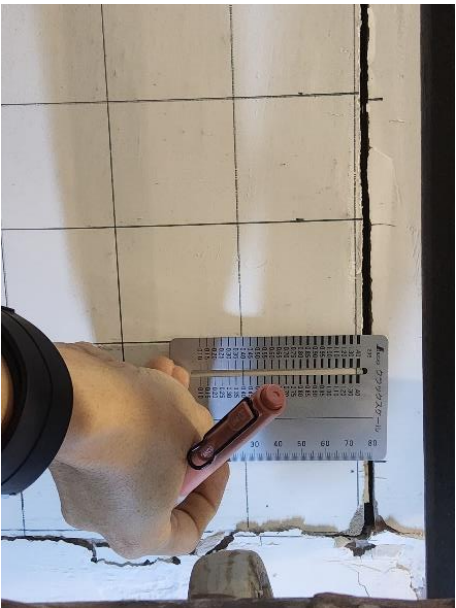
6.2	Tekan	13.49	-		
	Tarik	-15.00	-		



6.3	Tekan	11.59			
	Tarik	-13.76	5.20	Terjadi gap antara dinding batubata dengan rangka kayu	



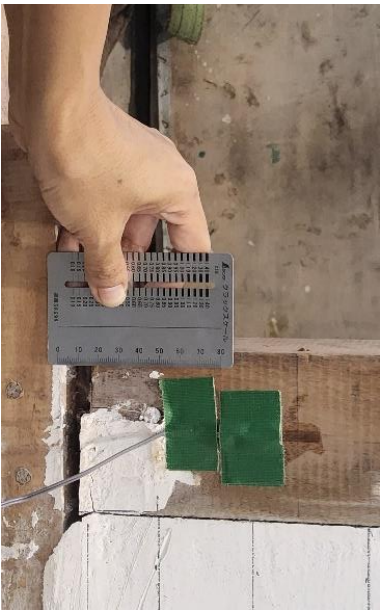
Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
7.1	Tekan	12.02			
	Tarik	-27.30	10.40	- Kolom mulai terangkat 2 mm - Regangan pada balok atas 3 mm	

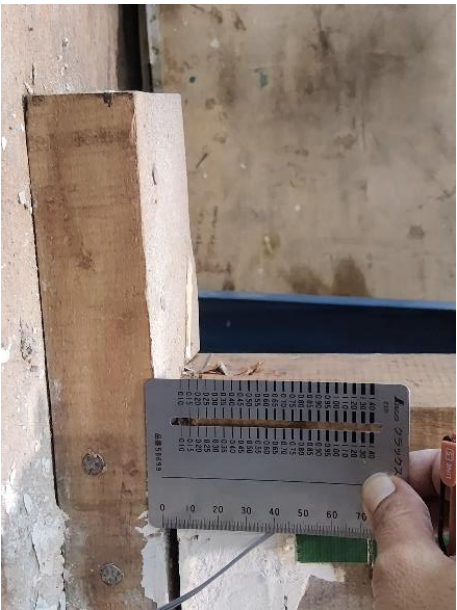
7.2	Tekan	14.67			
	Tarik	-25.02	10.40	- Regangan pada balok atas 3.5 mm - Terjadi retak rambut pada dinding	

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
7.3	Tekan	13.99		- Regangan pada balok atas 0.6 cm - Terjadi retak pada dinding	
	Tarik	-23.98	10.40		

8.1	Tekan	22.17		- Kolom terangkat 5 mm - Terjadi retak pada dinding	
	Tarik	-28.78	15.60		

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
--------	--------------------	-------------------------	--------------------------	------------------	-------------

8.2	Tekan	20.28	15.60	- Regangan dinding atas 0.8 cm - Terjadi retak pada dinding - Kolom terangkat 1.2 cm	
	Tarik	-26.50			

8.3	Tekan	18.42	15.60	- Regangan dinding atas 1 cm - Terjadi retak pada dinding - Kolom terangkat 1.5 cm	
	Tarik	-25.42			

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi	
9.1	Tekan	26.43		• Regangan dinding atas 1.2 cm • Terjadi retak pada dinding • Kolom terangkat 2.1 cm		
	Tarik	-27.81	20.80			
9.2	Tekan	20.88		• Regangan dinding atas 1.2 cm • Terjadi retak pada dinding • Kolom terangkat 2.5 cm		
	Tarik	-24.75	20.80			

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
9.3	Tekan	19.43		- Regangan dinding atas 1.2 cm - Terjadi retak pada dinding - Mulai terjadi kegagalan pada paku	
	Tarik	-24.72	20.80		

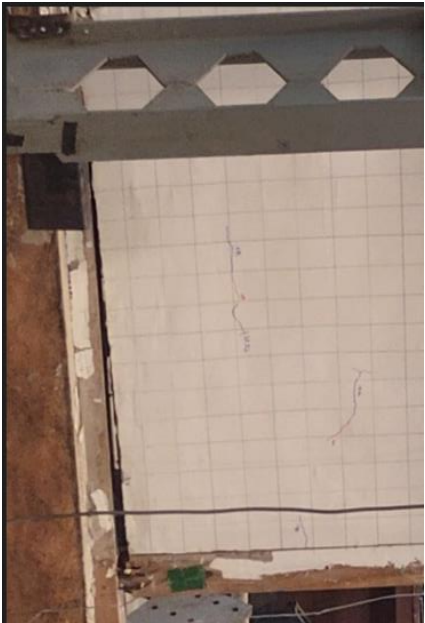
10.1	Tekan	26.06		- Kolom terangkat 1.9 cm - Balok bawah meregang 1.2 cm - Balok atas meregang 0.6 cm	
	Tarik	-24.25	26.00		

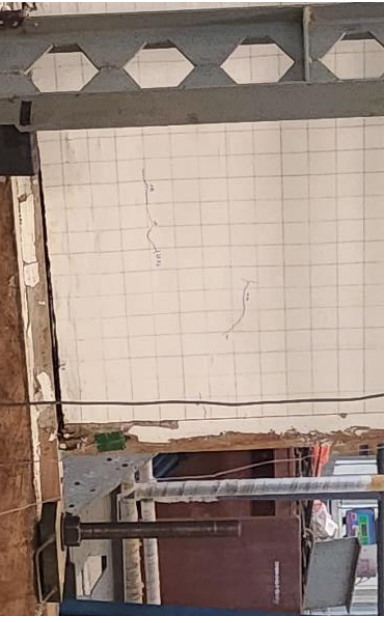
Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
--------	--------------------	-------------------------	--------------------------	------------------	-------------

10.2	Tekan	19.13		- Kolom terangkat 1.9 cm - Balok bawah meregang 1.2 cm - Balok atas meregang 0.6 cm	
	Tarik	-17.49	26.00		

10.3	Tekan	18.00		- Kolom terangkat 1.9 cm - Balok bawah meregang 1.2 cm - Balok atas meregang 0.8 cm	
	Tarik	-18.33	26.00		

Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
--------	--------------------	-------------------------	--------------------------	------------------	-------------

11.1	Tekan	21.34		- Kolom terangkat 2.5 cm - Balok bawah meregang 1.8cm - Balok atas meregang 1 cm	
	Tarik	-15.21			

11.2	Tekan	13.53		- Kolom terangkat 2.5 cm - Balok bawah meregang 1.8 cm - Balok atas meregang 1.2 cm	
	Tarik	-14.07			

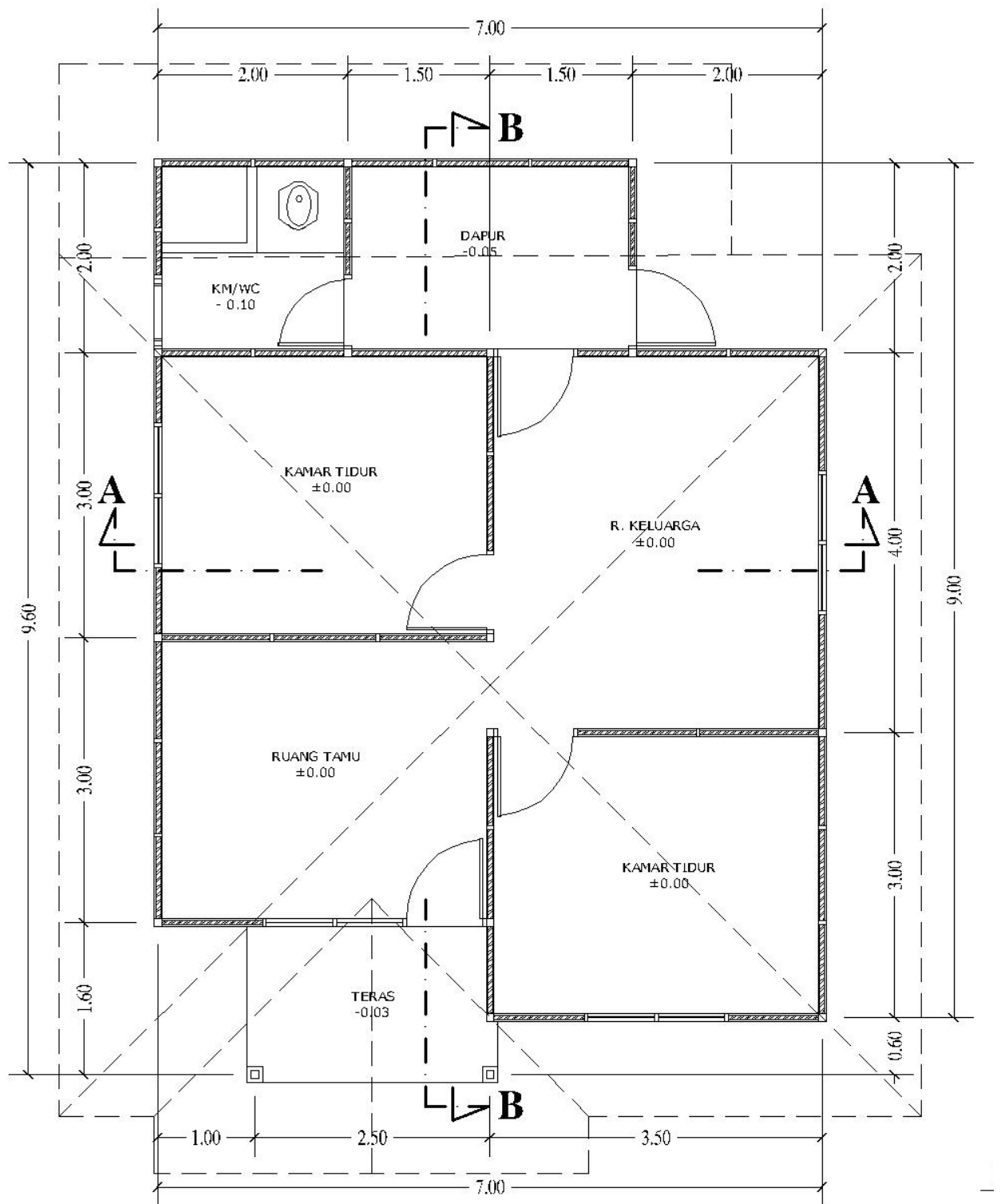
Siklus	Arah Pembebanan	Lateral Load (kN)	Displa cement (mm)	Perilaku Dinding	Dokumentasi
--------	--------------------	-------------------------	--------------------------	------------------	-------------

Tekan	12.64				
-------	-------	--	--	--	--

11.3

Tarik	-14.27	31.20	- Kolom terangkat 2.7 cm - Balok bawah meregang 1.8 cm - Balok atas meregang 1.2 cm - Terjadi kegagalan struktur, terjadi puntir	
-------	--------	-------	---	--

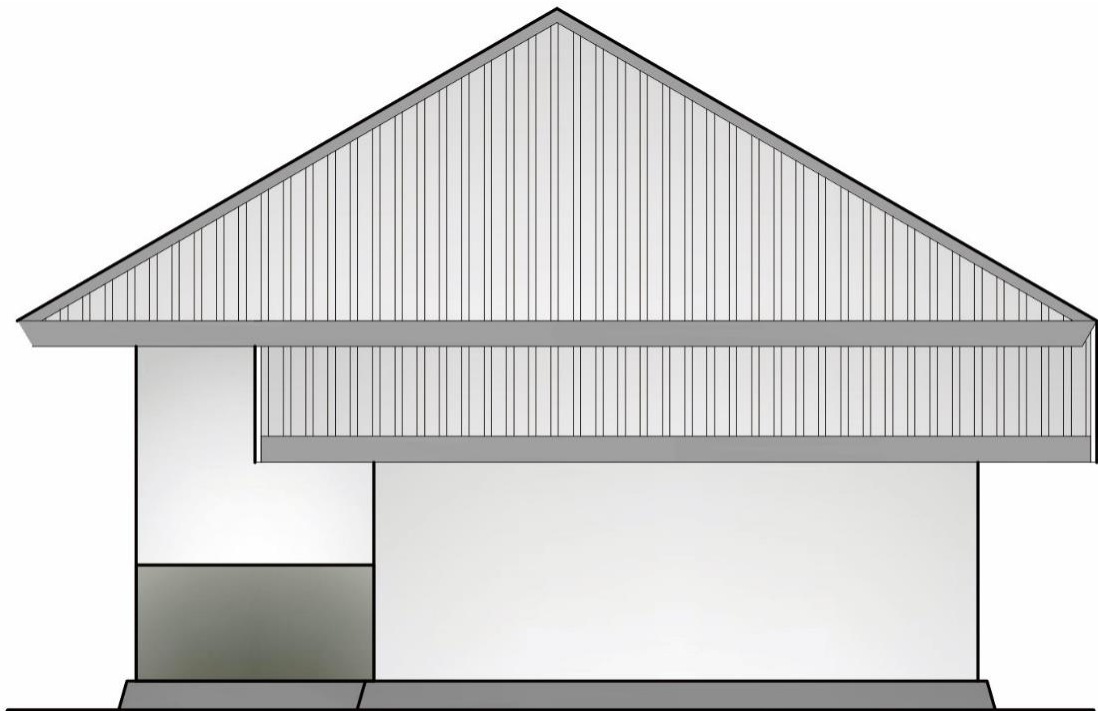




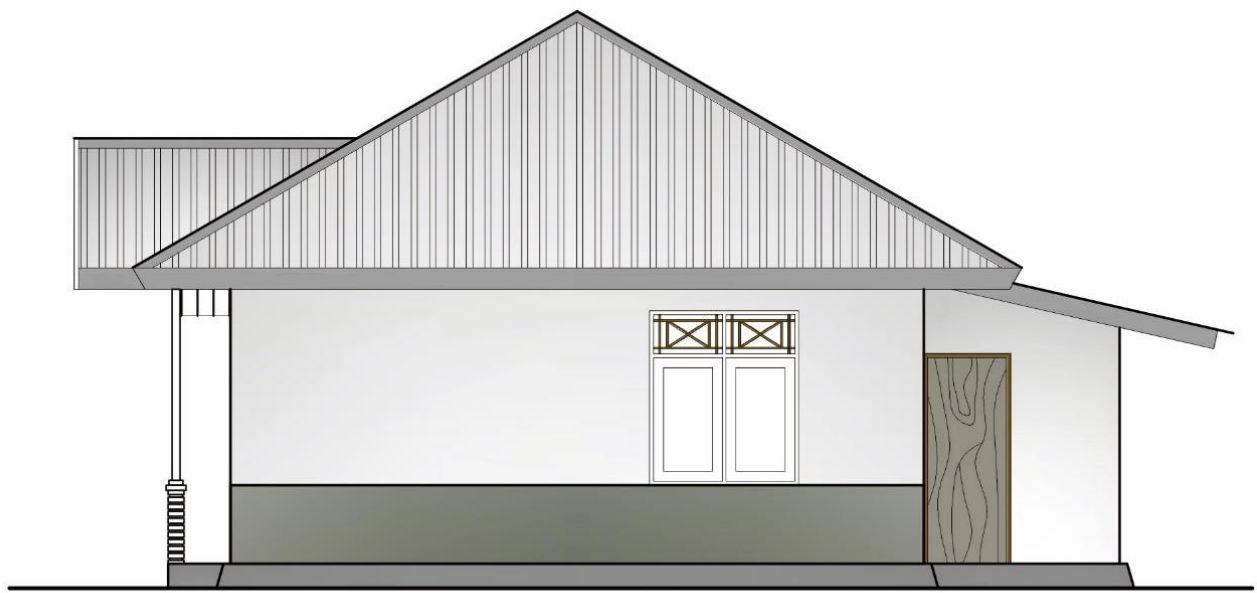
DENAH RUMAH KANCINGAN



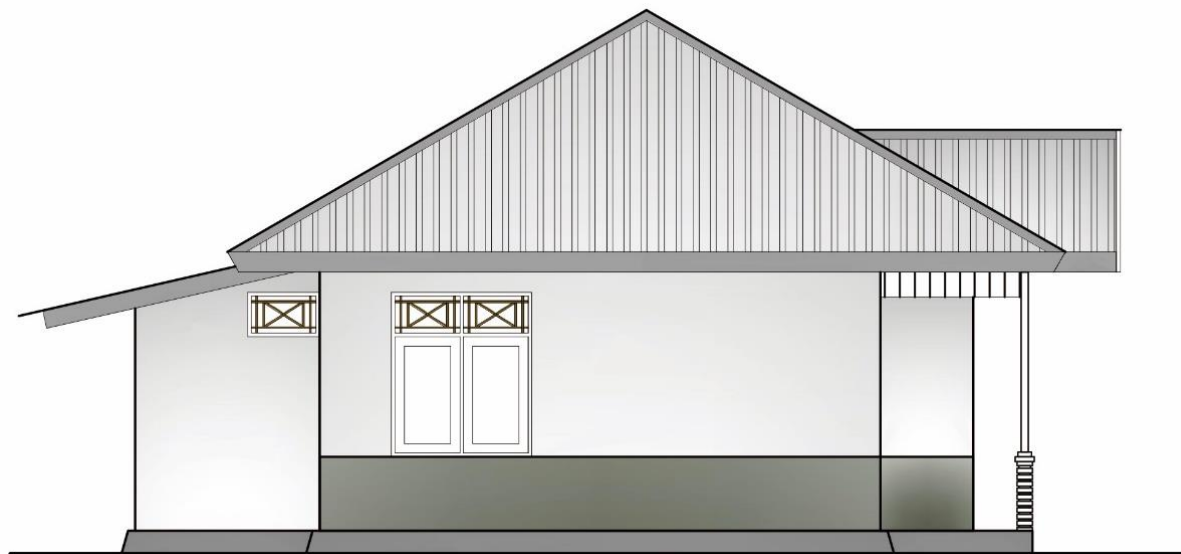
TAMPAK DEPAN



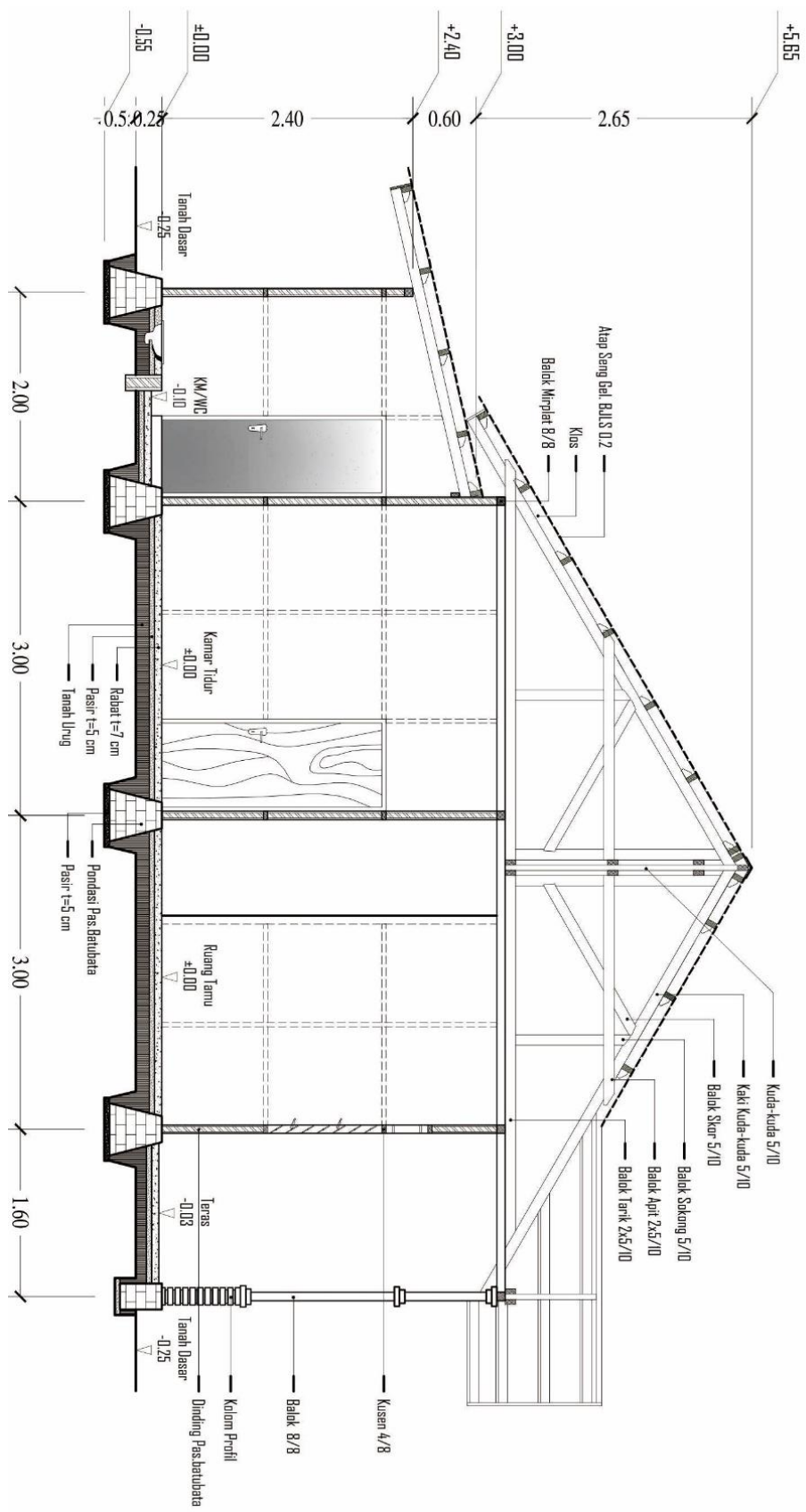
TAMPAK BELAKANG



TAMPAK SAMPING KANAN



TAMPAK SAMPING KIRI



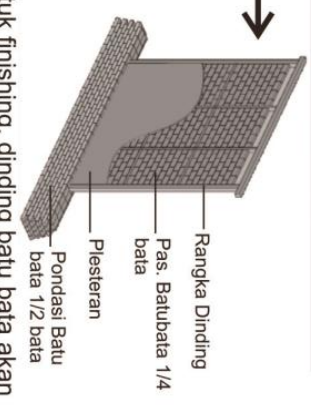
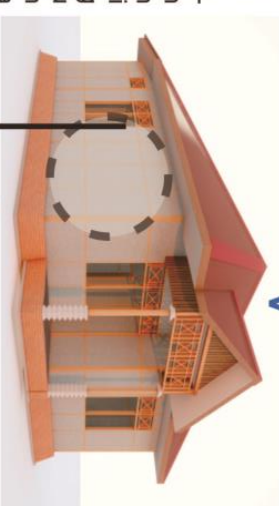
POTONGAN B – B'

PROSES KONSTRUKSI RUMAH KANCINGAN

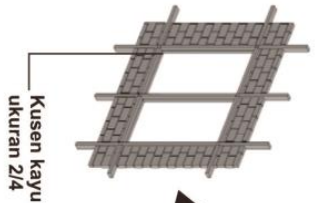
Dinding Pasangan batu akan dipasang sebagian pada bangunan sebelum itu pemasangan kuda-kuda untuk menjaga bangunan telah lebih kaku dan mampu menopang rangka atap.



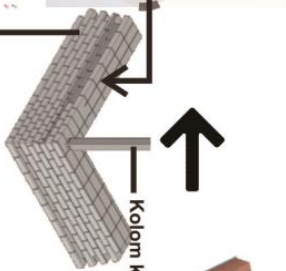
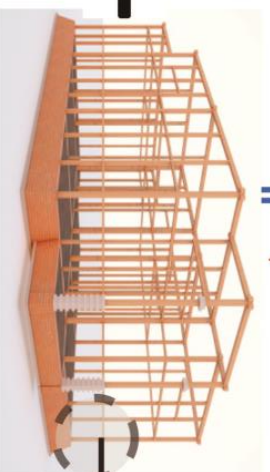
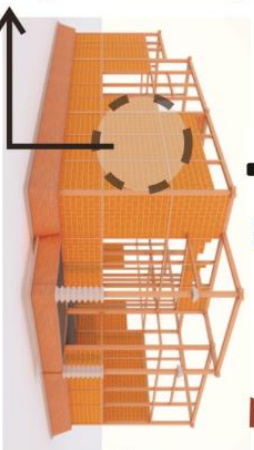
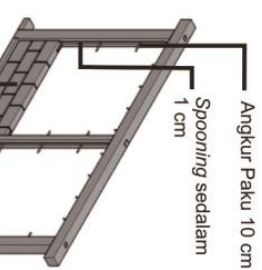
Konstruksi kuda-kuda pada Rumah Kancingan umumnya memakai kuda-kuda yang terbuat dari kayu ukuran 5/10. Ukuran lebih besar dibandingkan rangka dinding untuk



Untuk finishing, dinding batu bata akan ditutup dengan plesteran setebal 1,5 cm sehingga hasil akhir tebal dinding adalah 8 cm



Kusen jendela pada Rumah Kancingan menggunakan balok kayu ukuran 2/4 yang ditempel pada rangka dinding tempat daun jendela menempel saat keadaan tertutup. Sedangkan untuk kusen pintu, kusen berukuran kayu 4/8



Setelah Rangka kayu terpasang, kemudian batu bata dipasang dengan posisi 1/4 bata. Namun sebelum batu bata dipasang, rangka kayu dibuatkan spooning dan angkur paku untuk menunjang sifat komposit material pasangan batu dengan rangka kayu

Setelah pondasi dibuat, kemudian rangka kayu dipasang diatas pondasi dengan urutan kolom kayu ukuran 8/8 yang dipasang lebih dahulu setelah itu regel atau balok pembagi disusun sesuai dengan jarak modul dan besar bukaan kusen.

Pondasi yang digunakan pada Rumah Kancingan adalah pondasi batubata yang disusun membentuk trapesium dengan posisi batu pondasi pasangan batu bata 1/2 bata dengan menggunakan paku.