

Kekuatan Geser Panel Kayu Vertikal Dengan Perkuatan *Single Bracing* Tulangan Baja Akibat Pembebanan Siklik

(Shear Strength of Vertical Wooden Panel With Single Bracing Reinforcement Steel due to Cyclic Loading)

FANNY MONIKA

ABSTRACT

Panels in wooden construction serve as walls as well as providing structural lateral resistance against earthquake if designed well. Panel materials consist of frames with sheathings such as Plywood or Oriented Strand Board(OSB) connected to wooden frames with nails as connectors. Lateral force of the panels can be increased, for example by adding diagonal rods/bracings to the frames. In this study a wooden panel which was Sengon wooden panel connected to Laminated Veneer Lumber(LVL) wooden panel with CN 50 nails with a diameter of 2,8 mm and the distance between the nails was 240 mm with plain steel reinforcement single bracing with a diameter of 8 mm in pull position using corner plate as a connector between bracing and LVL wooden panel. Cyclic test had 20% Δy , 40% Δy , 60% Δy deformation controls and loaded with monotonic until wooden panels collapsed. The results of cyclic test in stable condition 60% Δy had equivalent viscous damping ratio values of 8,324%. Failures in panels often happened to connecting nails, corner plates, and steel bracings. The types of failure were Nail Pull-Through of Sheathing, Pull-Through Sheathing Failures, Mudsill Failure, buckling on corner plates, and buckling on steel bracings.

Keywords : Sengon Plywood, Sengon LVL, Bracing, lateral resistance, wooden panel, dissipation energy.

PENDAHULUAN

Konsep bangunan tahan gempa pada dasarnya adalah upaya untuk membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidak lepas/runtuh. Penerapan konsep tahan gempa antara lain dengan cara membuat sambungan yang cukup kuat diantara berbagai elemen tersebut serta pemilihan material dan pelaksanaan yang tepat. Dalam membangun konsep rumah aman gempa sangat diperlukan sekali suatu bahan yang ringan, kuat, ekonomis dan ramah lingkungan.

Kayu merupakan bahan yang ringan dan cukup kuat sehingga kayu dapat dijadikan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan dengan alasan selain ringan material kayu juga mudah dikerjakan. Namun ketersediaan kayu dari hutan di Indonesia semakin berkurang. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan teknologi konstruksi sebagai bahan alternatif konstruksi

kayu. Salah satunya yaitu kayu laminasi Sengon (*Plywood*, LVL) yang digunakan sebagai bahan alternatif pada konstruksi dinding panel kayu.

Plywood dan LVL sengon bisa digunakan untuk konstruksi ringan (misalnya : interior, langit-langit dan panel). Namun kekuatan panel sengon ini masih dirasa kurang cukup, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar kekuatan panel kayu dapat bertambah.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan panel kayu berbahan *plywood* dan LVL sengon yang memiliki tahanan lateral tinggi terhadap gaya gempa dan memiliki energi disipasi yang besar.

Pengujian monotonik dan siklik pada panel kayu telah dilakukan oleh Dolan dan Toothman (2002) berupa bahan penutup panel kayu terbuat dari OSB, *Gypsum Wallboard* (GWB), *Fiberboard* dan *Hardboard* yang dihubungkan ke rangka kayu *solid* dengan menggunakan alat sambung paku. Pengujian monotonik dan siklik

sambungan *Plywood* dengan LVL menggunakan satu alat sambung mekanik paku dan sekrup juga pernah dilakukan oleh Awaludin (2012). Selain itu, penelitian sebelumnya mengenai kayu laminasi berbahan *Plywood* juga dilakukan oleh pribadi (2012) mengenai ketahanan lateral panel kayu sengon terhadap sambungan paku. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian Pribadi (2012) dengan membuat variasi material pada *bracing* yang semula terbuat dari kayu LVL diganti dengan menggunakan tulangan baja polos diameter 8 mm.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengujian siklik adalah suatu cara pengujian yang dilakukan dengan cara memberikan pembebanan statik sistem dua arah yaitu bolak-balik (quasi static berganti arah) pada benda uji sampai benda uji tersebut mengalami keruntuhan. Pengujian siklik pada panel kayu dilakukan dengan memberikan pembebanan arah horisontal sistem quasi static berganti arah sebesar $10\% \Delta y$, $20\% \Delta y$, $40\% \Delta y$ dan kemudian dikerjakan beban horisontal monotonik sampai panel kayu mengalami keruntuhan. Pengujian beban siklik pada panel kayu berdasarkan pada peraturan dan ketentuan ISO 16670 2003.

1. *Hysteretic curve* dan *envelope curve*

Pembebanan bolak-balik (siklik) akan menghasilkan kurva beban dengan simpangan bolak-balik yang disebut *hysteretic curve*. *Envelope curve* dapat dibuat dari *hysteretic curve* yang diambil dari masing-masing beban

puncak tiap siklus pembebanan baik pada kondisi initial maupun kondisi stabilized.

2. *Hysteretic damping*, *potential energy* dan *equivalent viscous damping ratio*

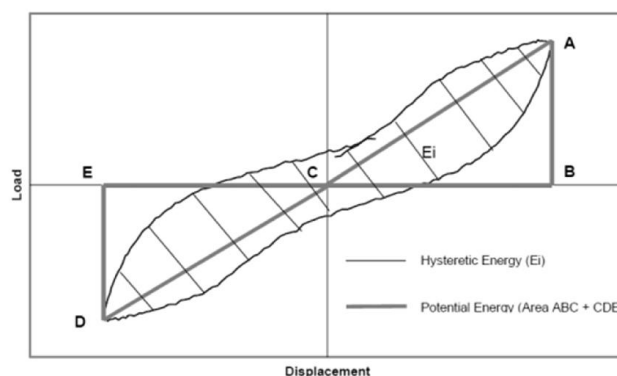
Energi disipasi adalah kemampuan struktur untuk menyerap energi melalui proses leleh pada daerah sendi plastisnya. Sendi plastis diusahakan bersifat daktail sehingga memungkinkan terjadinya deformasi plastis sebelum mengalami suatu keruntuhan (Dolan dan Toothman, 2002). Sedangkan *Equivalent viscous damping ratio* (ζ_{eq}) merupakan suatu nilai perbandingan antara energi yang telah diserap dan diredam dalam satu *hysteretic loops* dari struktur sebenarnya disamakan dengan sistem liatnya atau sistem yang telah melekat dalam struktur tersebut.

Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa *hysteretic damping* (E_i) merupakan luasan total dari kurva tertutup pada *hysteretic loops* (pada setiap siklusnya) yang juga mengindikasikan besarnya energi disipasi untuk setiap siklus selama proses pembebanan berlangsung. *Potential energy* (E_p) struktur pada setiap siklus pembebanan merupakan luasan total dari segitiga CBA dan CED. Menurut Langlois (2002) *equivalent viscous damping ratio* (ζ_{eq}) untuk masing-masing siklus pembebanan pada panel kayu dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\zeta_{eq} = \frac{E_i}{2 E_p} \quad (1)$$

Di mana :

- ζ_{eq} = Equivalent viscous damping ratio
- HE = Hysteretic energy (KNmm)
- PE = Potential energy (KNmm)



GAMBAR 1. *Hysteretic damping* dan *potential energy* (Langlois, 2002)

3. *Cyclic stiffness, stiffness degradation* dan *strength degradation*

Selama struktur masih berada dalam kondisi yang elastis, maka besarnya kekakuan tidak berubah dalam hubungan antara beban dan simpangan. Dalam kondisi seperti ini kekakuan struktur panel kayu akan berkurang pada saat dilakukan tahapan unloading dan reloading. Pada saat tahapan unloading nilai deformasi akan berkurang menuju nol dan struktur mulai bergerak kembali ke posisi netral (Dolan dan Toothman, 2002).

Penurunan kekakuan (*stiffness degradation*) secara langsung bisa digunakan untuk mengoreksi hasil perhitungan kekakuan siklik dan merupakan salah satu indikator penting mengenai perubahan perilaku panel kayu. Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa kekakuan struktur akibat beban luar yang bekerja pada setiap siklus dapat diperoleh dengan cara membandingkan nilai antara beban puncak dengan simpangannya baik pada siklus positif maupun negatif. Menurut Langlois (2002) kekakuan siklik untuk masing-masing siklus pembebanan pada panel kayu dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{---} \quad (2)$$

Di mana :

K_i = Kekakuan siklik untuk satu siklus pembebanan (KN/mm)

P_i = Beban puncak baik siklus positif maupun negatif (KN)

Δ_i = Simpangan pada saat beban puncak baik pada siklus positif maupun negatif (mm)

Penurunan kekuatan (*strength degradation*) akan terjadi apabila struktur panel kayu telah mengalami keretakan pada kedua sisinya akibat deformasi yang cukup besar dan juga sambungan paku telah mengalami proses pelelehan. Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa penurunan kekuatan panel kayu dapat diperoleh dengan cara membandingkan nilai antara beban puncak pada siklus pertama dengan beban puncak pada siklus kedua baik pada tahapan siklus positif maupun siklus negatif. Menurut Dolan dan Toothman (2002) penurunan kekuatan pada panel kayu dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{---} \quad (3)$$

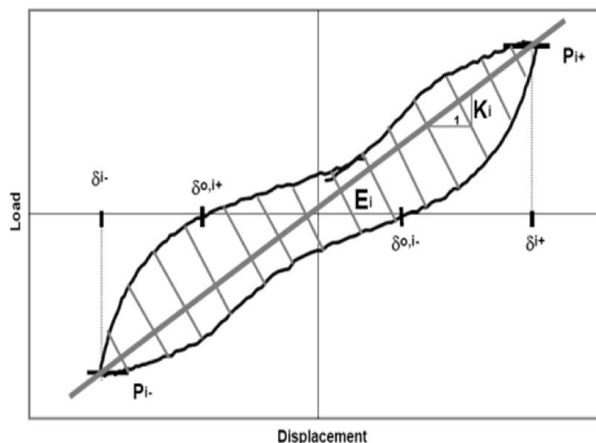
Di mana :

\square_i = Rasio penurunan kekuatan dalam siklus pembebanan (%)

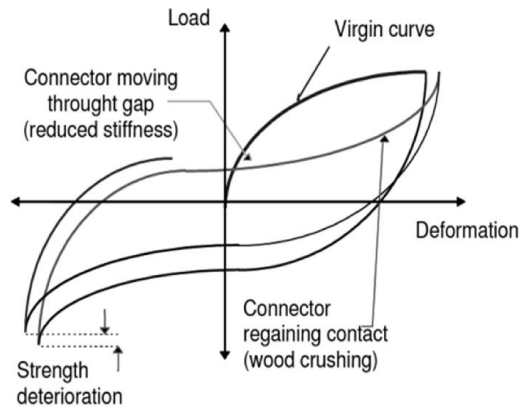
P_1 = Beban puncak pada siklus pertama (KN)

P_2 = Beban puncak pada siklus kedua (KN)

$$(3.6)$$



GAMBAR 2. *Cyclic stiffness* (Langlois, 2002)

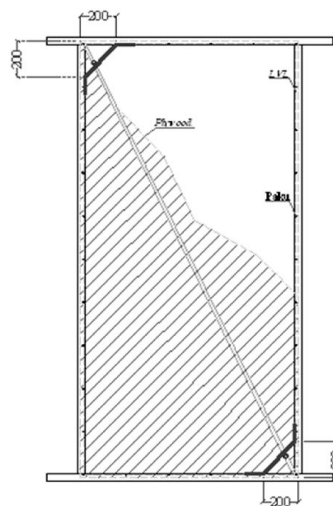


GAMBAR 3. Strength degradation (Dujic dkk, 2006)

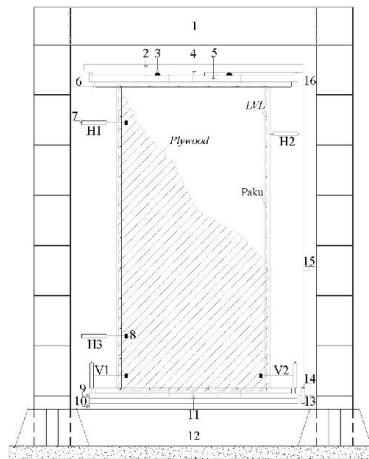
METODE PENELITIAN

Benda uji berupa panel yang terbuat dari *plywood* kayu Sengon yang dihubungkan ke rangka LVL menggunakan alat sambung paku CN 50 kemudian panel tersebut diberi kekuatan berupa *single bracing* tulangan baja diameter 8 mm yang dibagian pojoknya diberi *corner plate* untuk menghubungkan bracing dengan frame. Spesifikasi model benda uji ditunjukkan pada Gambar 4 dan setting up pengujian ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Gambar 6. menjelaskan mengenai pola atau tipe kontrol deformasi (Δy) yang akan digunakan

untuk pembebanan pengujian siklik panel kayu. Pengujian siklik panel kayu dilakukan dengan cara memberikan pembebanan arah horisontal bolak-balik berganti arah secara bertahap pada kontrol deformasi dari hasil pengujian monotonik (Δy_{max}) sebesar $20\% \Delta y$, $40\% \Delta y$, $60\% \Delta y$ dan kemudian dikerjakan beban monotonik sampai panel kayu tersebut mengalami keruntuhan yaitu saat mengalami penurunan kekuatan sebesar 40% dari beban puncak. Pengujian beban siklik panel kayu dilakukan secara bertahap dengan kontrol deformasi berdasarkan pada kriteria peraturan dan ketentuan ISO 16670 2003.



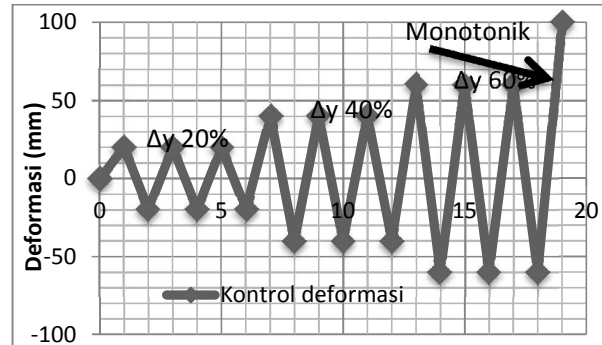
GAMBAR 4. Model benda uji



GAMBAR 5. Setting up pengujian

Keterangan :

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Top restraint | 7. LVDT (H1,H2,V1,V2) | 13. Tractang modifikasi |
| 2. Double baja kanal C | 8. Kaca | 14. Load cell 5 ton |
| 3. Bola pejal | 9. Kayu Nangka | 15. Kabel seling \square 8 mm |
| 4. Sekrup panjang 40 mm | 10. Balok pendukung | 16. Laker \square 50 mm |
| 5. Baja kanal C | 11. Sekrup panjang 40 mm | |
| 6. LVL Sengon | 12. Bottom restraint | |

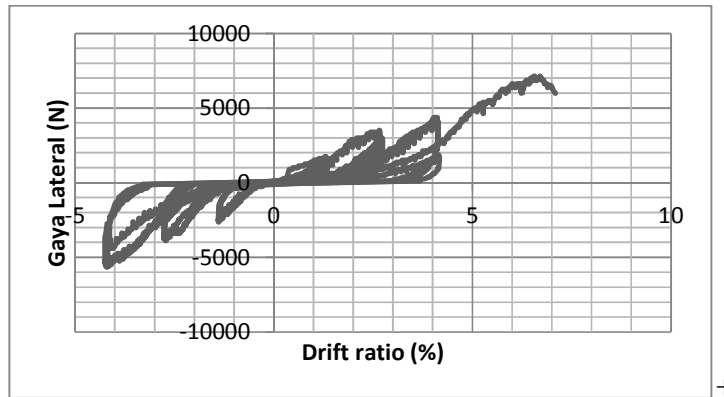


GAMBAR 6. Pola kontrol deformasi pada pengujian siklik

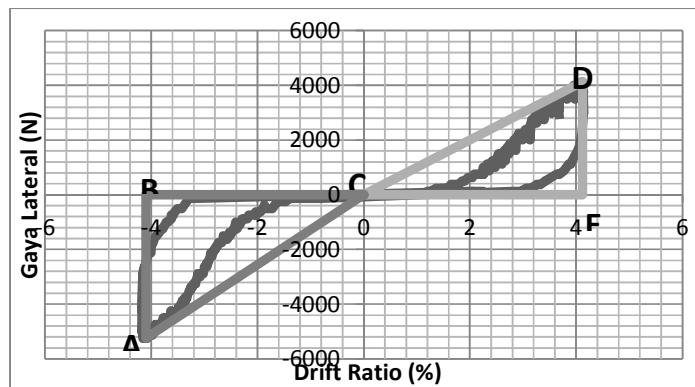
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian siklik pada panel kayu tipe B dengan kontrol deformasi sebesar $20\% \Delta y$, $40\% \Delta y$, $60\% \Delta y$ dan selanjutnya dikerjakan beban satu arah monotonik sampai panel kayu tersebut mengalami suatu kegagalan atau keruntuhan. Setiap kontrol deformasi yaitu $20\% \Delta y$, $40\% \Delta y$ dan $60\% \Delta y$ harus diambil minimal sebanyak tiga kali siklus

pembebanan. Dalam proses perhitungan tahanan lateral akibat beban siklik pada deformasi $60\% \Delta y$ dengan anggapan bahwa siklus ketiga sudah bisa menghasilkan kondisi yang lebih stabil sehingga dapat dijadikan suatu pedomandasar dalam proses perhitungan akibat beban siklik. Hasil pengujian siklik pada panel kayu dengan perkuatan *single bracing* tulangan baja dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.



GAMBAR 7. Hasil pengujian siklik panel kayu tipe B



GAMBAR 8. Hasil uji siklik 60%Δy siklus kesatu pada panel kayu tipe B

TABEL 1. Besarnya nilai-nilai hasil uji siklik

HE	L. ABC	L. CDE	PE	δ_{eq}	Ki	P_{peak}	DR_{peak}
(N)	(N)	(N)	(N)		(N)	(N)	(%)
100,784	107,6951	84,9956	192,6907			7125	6,7035

Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel kayu dengan perkuatan *single bracing* tulangan baja mengalami *pinching effect* yaitu kelemahan pada sambungan sehingga bentuk *hysterisis loop* tidak stabil dan terlihat kurus seperti pada Gambar 7, dari kurva *hysterisis loop* tersebut didapat beban puncak pada panel sebesar 7125 N dan *drift ratio* sebesar 6,0735%. Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian siklik

60% Δy pada siklus kesatu pembebanan kesatu pada panel kayu yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya nilai HE (Energi disipasi), PE (Potential energy), equivalent viscous damping ratio (ζ_{eq}), dan kekakuan siklik untuk tiap-tiap siklus pembebanan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Dari hasil pengujian, frame kayu LVL mulai terangkat pada beban 1500 N pada siklus

kesatu 20% Δy , alat sambung paku mulai masuk ke dalam pada beban 2150 N siklus kesatu 40% Δy , alat sambung paku sudah mengalami peristiwa kegagalan *nail pull-through of sheathing* pada siklus ketiga 40% Δy dibeban 375 kg dan bahan Plywood juga sudah mulai mengalami

peristiwa kegagalan *pull-through sheathing* dan *mudsill failure* dibeban monotonik 6500 N. Pada beban 7125 N *corner plate* yang terletak di bawah sudah mengalami *buckling*. Kegagalan panel kayu dengan perkuatan *single bracing* tulangan baja akibat pengujian siklik dapat dilihat pada Gambar 9.



(a) Panel B sebelum pengujian (b) Panel B Setelah pengujian



(b) Nail Pull-Through of Sheathing (d) Pull-Through Sheathing Failures



(e) Buckling Pada Corner Plate (d) Pull-Through Sheathing Failures

GAMBAR 9. Pola kegagalan panel kayu tipe B hasil uji siklik

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Panel kayu dengan perkuatan *single bracing* tulangan baja mengalami *pinching effect*, yang berarti panel kurang mampu menyerap energi dengan baik.
2. Drift ratio pada panel cukup besar yaitu 6,7035% .
3. *Single bracing* pada panel tidak bekerja maksimal karena *corner plate* sudah mengalami *buckling* terlebih dahulu.
4. Kegagalan yang terjadi berupa *nail pull-through of sheathing* , *pull-through sheathing*, *mudsill failure*, dan *buckling* pada *corner plate*.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaludin, A. 2005. *Dasar-Dasar Perencanaan Sambungan Kayu Mengacu pada SNI-5 2002*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awaludin, A. 2010. *Uji Siklik Sambungan Paku Kayu Lapis Sengon dengan LVL Sengon Pada Balok*. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awaludin, A. 2011. *Prediksi Kekuatan Lateral Panel Kayu*. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awaludin, A. 2012. Development of Structural Walls made from LVL Sengon (*Paraserianthes falcataria*) : Basic Mechanical Properties. Makalah ini telah disampaikan pada Konferensi Internasional Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM 2012) Tanggal 11 sampai 13 September 2012. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- ASTM D 4442 – 92 (Reapproved 03). 1992. Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials. USA.
- Dolan, D. dan Toothman, A. 2002. Monotonic and Cyclic Tests of Shear Walls With Oriented Strand Board, Gypsum Wallboard, Fiberboard and Hardboard Sheathing. Washington State University. Washington. USA.
- Dujic, B. Aicher, S and Zarnic. 2006. Racking Behaviour of Light Prefabricated Cross Laminated Massive Timber Wall Diaphragms Subjected to Horizontal Actions. Otto Graf Journal Institut (FMPA) Vol.17, 259-270 pp. Material prufungsanstalt. Universitat Stuttgart. Stuttgart. Germany.
- Langlois, D. 2002. Effects of Reference Displacement and Damage Accumulation in Wood Shear Walls Subjected to the CUREE Protocol. Department of Wood Science and Engineering. Oregon State University. USA.
- Prayitno, T. A. 2012. *Kayu Lapis*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Pribadi, A. 2012. *Tahanan Lateral Panel Kayu Sengon Dengan Alat Sambung Paku Akibat Beban Monotonik dan Siklik*. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

PENULIS

Fanny Monika

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, 55183.

Email: fanny.monika.2007@ft.umy.ac.id