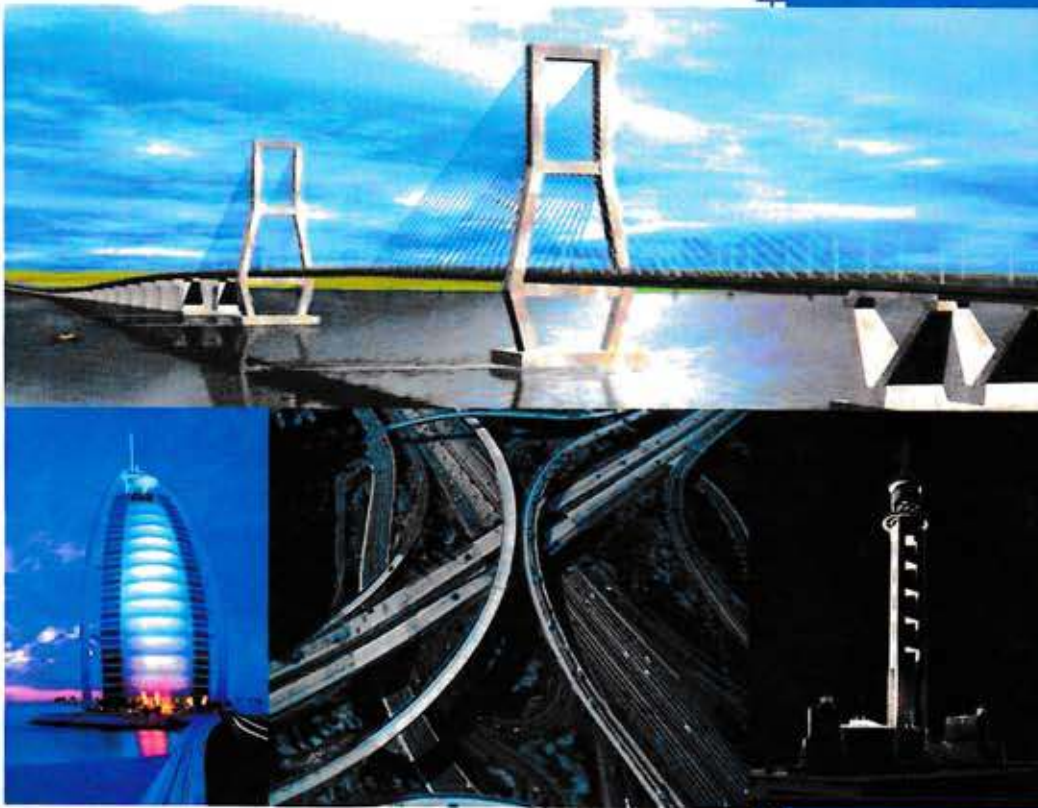


PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR

DALAM MENUNJANG
PEMBANGUNAN EKONOMI NASIONAL

Volume I



Beyond construction



PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
ITS SURABAYA

Surabaya, 27 Januari 2010



PROSIDING
SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL
VI-2010

ISBN 978 - 979 - 99327 - 5 - 4

PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR
DALAM MENUNJANG PEMBANGUNAN
EKONOMI NASIONAL

Volume I

PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL

VI – 2010

TEMA :

**PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR DALAM
MENUNJANG PEMBANGUNAN EKONOMI
NASIONAL**

SURABAYA, 27 JANUARI 2010

DI DUKUNG OLEH :



beyond construction



GEOSISTEM

SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL VI-2010
PROGRAM STUDI PASCASARJANA TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

Pelindung	: Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., M.S. Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS A. Agung Gde Kartika, S.T. M.Sc. Sekjur I Teknik Sipil FTSP-ITS Budi Suswanto, S.T. M.T. Ph.D. Sekjur II Teknik Sipil FTSP-ITS Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng. Koordinator Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil FTSP-ITS
Ketua I	: Ir. Soetoyo, M.Sc.
Ketua II	: Data Iranata, S.T. M.T. Ph.D.
Sekretaris I	: Mahendra Andiek Maulana, S.T. M.T.
Sekretaris II	: Bambang Picesa, S.T. M.T.
Bendahara	: Ir. Retno Indryani, M.T.
Sia Publikasi dan Dokumentasi	: Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T. M.T. Harun Alrasyid, S.T. M.T.
Sie Acara	: Farida Rahmawati, S.T. M.T. Dr. Ir. Edijatno
Sie Perlengkapan	: Istiar, S.T. M.T. Arif Rohman, S.T. M.E
Sie Konsumsi	: Yusronia Eka Putri, S.T. M.T. Butiliastri, S.T. M.T.
Koord. Sie Editor	: Dr.Tech. Pujo Aji, S.T. M.T.
Wakil Koord. Sie Editor	: Trihanindio Rendy Satria, S.T. M.T.
Sie Editor	: Tavio, S.T. M.T. Ph.D. Prof. Dr. Ir. Indarto Ir. I Putu Artama W., M.T. Ph.D. Dr. Ir. Muhammad Taufik Dr. Ir. Edijatno Ir. Wahyu Herjanto, M.T. Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng.
Sie Dana	: Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc. Endah Wahyuni, S.T. M.T. Ph.D. Ir. Hera Widiastuti, M.T. Ir. Suwarno, M.Sc. Ir. Mudji Irmawan, M.S. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi
Backup Force	: Robin Achmad Fauzi Debby Lusy F. T. H., S.E. Zu'is Erwanto Aulia Tirtamarina Siti Maryam Muhamr.ad Hafizh Imaduddin

Estimasi Distribusi Panas Pada Model Penampang Struktur Kolom Beton <i>Dian Savitri</i>	A-99
Analisis Penentuan Faktor Reduksi Kekuatan (F) Baja Di Jawa Timur Berdasarkan SNI 03-1729-2002 <i>Diana Ningrum</i>	A-109
<i>Determining The Modal Stiffness of Simple Structures Using Impact Test</i> <i>Endah Wahyuni</i>	A-119
Effect of Barriers and Inner Walls at a Permanent Grandstand <i>Endah Wahyuni</i>	A-127
Pemodelan Pole Prategang Dalam Menerima Beban Sesuai Standard <i>Endah Wahyuni, Soewardoyo, Triwulan dan Ketut Dunia</i>	A-135
Studi Perbandingan Perilaku Struktur <i>Jack Up Platform</i> Sistem <i>Concentrically Braced Frames (CBF)</i> dan <i>Sistem Eccentrically Braced Frames (EBF) Tubular Link</i> <i>Hamzah</i>	A-145
Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Dan Agregat Kasar Pada Beton Ramah Lingkungan <i>Hazairin, Bernardinus Herbudiman, Ghofar Hadi, dan Ahmad M. Hafizi</i>	A-157
Perilaku Pelat Pracetak Bangunan Sederhana Tahan Gempa Dan Cepat Bangun <i>Hendro Pramono, Tavio dan Data Iranata</i>	A-169
Uji Kapasitas Tekan Kolom Laminasi Dari Bahan Kayu Sengon Dan Bambu Petung Sebagai Alternatif Pengganti Kayu Komersial <i>Karyadi, Priyono Bagus Susanto</i>	A-179
Perilaku Balok Pracetak Untuk Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Cepat Bangun Dengan Sistem Open Frame <i>Melati Alfitasari, Tavio dan Aman Subakti</i>	A-189
Implementasi Program Analisa Struktur Dan Algoritma Genetika Untuk Optimasi <i>Truss Baja</i> <i>Mohammad Ghazi, Pujo Aji</i>	A-199
Studi Pengaruh Tulangan Pada Benda Uji Beton Core Drill Terhadap Kuat Tekannya Berdasarkan Perbandingan Antara SNI 03-3403-1994 Dan ASTM C 42/C 42m <i>Pujo Aji, Muhammad Ihsan</i>	A-205

UJI KAPASITAS TEKAN KOLOM LAMINASI DARI BAHAN KAYU SENGON DAN BAMBUPETUNG SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI KAYU KOMERSIAL

Karyadi¹ dan Priyono Bagus Susanto²

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Telpon 0341-587082, email, karyadilensmith@yahoo.co.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Telpon 0341-587082, email, priyonobagus@yahoo.co.id

Abstrak: Meningkatnya kebutuhan kayu dan menurunnya pasokan kayu jenis komersial menuntut dilakukannya upaya mencari bahan pengganti kayu tersebut. Salah satu upaya untuk mengatasi keterbatasan pasokan dan mahalnya kayu komersial adalah memanfaatkan kayu cepat tumbuh, yang umumnya merupakan kayu kelas kuat rendah, dan bambu untuk konstruksi bangunan. Riset ini merupakan upaya eksperimental untuk memanfaatkan kayu Sengon dan Bambu Petung sebagai bahan untuk rekayasa kolom laminasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas tekan kolom laminasi yang tersusun dari bahan Kayu Sengon dan Bambu Petung. Untuk mencapai tujuan tersebut desain penelitian yang dipilih adalah eksperimen dengan variabel terikat adalah kapasitas tekan kolom dan variabel bebas adalah kelangsingan kolom. Rasio Bambu Petung di dalam tampang kolom laminasi dibuat dalam tiga variasi yaitu 0,25; 0,50; dan 0,75.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah: (a) Sesuai dengan standard yang ditetapkan PKKI NI-5 1961, kayu sengon dalam penelitian ini termasuk dalam kelas kuat IV sampai V, sedangkan bambu petung, jika digunakan standar PKKI, termasuk dalam kelas kuat I sampai II, (b) kapasitas tekan kolom laminasi bervariasi sesuai dengan angka kelangsingannya. Untuk rasio bambu petung 0,25, kapasitas tekan bervariasi antara 229kg/cm² untuk angka kelangsingan 6,60 sampai 118kg/cm² untuk angka kelangsingan 93,97. Untuk rasio bambu petung 0,50, kapasitas tekan bervariasi antara 254kg/cm² untuk angka kelangsingan 6,65 sampai 166kg/cm² untuk angka kelangsingan 95,91. Untuk rasio bambu petung 0,75, kapasitas tekan bervariasi antara 332kg/cm² untuk angka kelangsingan 7,15 sampai 121kg/cm² untuk angka kelangsingan 103,22, (c) kapasitas tekan kolom laminasi kayu sengon bambu petung meningkat ketika rasio bambu petung ditingkatkan dari 0,25 menjadi 0,50 dan kekuatannya menurun jika rasio bambu petung ditingkatkan lagi menjadi 0,75.

Kata-kata kunci: Kapasitas Tekan, Kolom laminasi, Sengon, Petung

1. PENDAHULUAN

Besarnya kapasitas tekan pada kolom kayu dihitung dengan rumus,

$$P' = C_p A F_c^* \dots\dots\dots (1)$$

dengan P': besarnya kapasitas tekan pada kolom, C_p: faktor stabilitas kolom (faktor tekuk), A: luas penampang kolom (*gross Area*), F_c^{*}: tegangan tekan bahan kolom (kolom pendek) sejajar serat [1], [4].

Besarnya faktor stabilitas kolom (C_p) dihitung dengan rumus dari Ylinen yaitu,

$$C_p = \frac{1 + \alpha_c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha_c}{c}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan $\alpha_c = \frac{\phi_s P_e}{\lambda \phi_c P_o}$; $P_e = \frac{\pi^2 E_{05}' I}{(K_e \ell)^2} = \frac{\pi^2 E_{05}' A}{(K_e \frac{\ell}{r})^2} \dots\dots\dots (3)$

Selanjutnya E_{05}' : Modulus elastisitas pada persentil kelima, P_c : Ketahanan tekuk kritis (Euler) terhadap sumbu yang ditinjau, P_o : Kapasitas tekan kolom pendek, ϕ_s : Faktor ketahanan untuk tekan, ϕ_c : Faktor ketahanan untuk stabilitas, c : *Buckling and crushing interaction coefisient* yang besarnya ditetapkan: $c = 0,80$ untuk kayu solid $c = 0,95$ untuk tiang bulat dan $c = 0,90$ untuk kolom laminasi [1], [4], [16], dan [9].

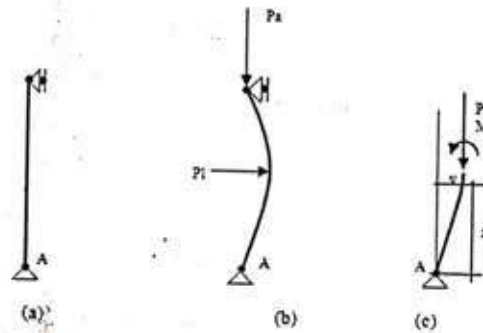
Formula C_p mengandung parameter c yaitu *buckling and crushing interaction coefisient* atau dikenal dengan Parameter Ylinen. Nilai parameter c dalam peraturan-peraturan konstruksi kayu yang berlaku di Amerika seperti LRFD, 1996, ditetapkan sebesar $c = 0,90$ untuk kolom laminasi. Angka ini berbeda dengan hasil-hasil penelitian yang dilakukan [16], yang mendapatkan $c = 0,76$ untuk kolom laminasi dari Kayu Douglas Fir, dan $c = 0,83$ untuk Kayu Southern Pine. Perbedaan tersebut dipahami sebagai akibat dari perbedaan homogenitas bahan kayu dan kelurusan kolom (*material homogeneity and straightness member*) [15]. Mengingat besarnya nilai c sangat bergantung pada bahan kayu maka perlu diadakan penelitian untuk menentukan besarnya nilai c untuk kolom laminasi dengan bahan kayu atau bambu yang tumbuh di Indonesia. Langkah pertama untuk memperoleh nilai c adalah menemukan data hubungan antara kapasitas tekan kolom laminasi dengan angka kelangsingannya. Hubungan tersebut bersama-sama dengan data modulus elastisitas kolom digunakan untuk menentukan besarnya nilai c .

Dengan memperhatikan latar belakang di atas, masalah dalam penelitian ini dirumuskan dengan, "berapakah kapasitas tekan kolom laminasi dari bahan kayu sengon dan bambu petung untuk berbagai angka kelangsingan mulai dari 10 sampai 105, dengan rasio bambu petung di dalam penampang kolom adalah 0,25; 0,50; dan 0,75".

2. DASAR TEORI

Kolom adalah elemen struktur yang menerima gaya aksial. Terdapat dua model kegagalan pada kolom yaitu kegagalan karena kehancuran (*crushing*) dan kegagalan karena tekuk (*buckling*). Kegagalan karena kehancuran terjadi pada kolom-kolom yang pendek yang ditandai oleh rusaknya bagian kolom karena tegangan aksial yang terjadi melebihi tegangan hancur (*Modulus of Rupture*) bahan kolom. Sebaliknya kegagalan karena tekuk terjadi pada kolom panjang yang ditandai oleh melengkungnya kolom dan hilangnya kemampuan menahan beban aksial meskipun tegangan yang diakibatkan oleh beban tersebut masih di bawah tegangan hancur bahan kolom. Peristiwa tersebut disebut tekuk atau *buckling* yang penjelasan seperti di bawah ini.

Kolom lurus pada Gambar 1a dibebani secara aksial oleh gaya P_a yang kecil. Jika di tengah-tengah kolom diberikan gaya lateral P_l maka kolom akan sedikit melengkung seperti pada gambar 1b dan kolom tersebut akan segera lurus kembali jika gaya lateral P_l dihilangkan.



Gambar 1 Kolom dengan Ujung-Ujung Sendi: (a) Kolom TanpaBeban, (b) Kolom dengan Beban, (c) Diagram Benda Bebas

Jika gaya P_a sedikit diperbesar kemudian gaya lateral P_l dikerjakan maka lengkungan kolom menjadi semakin besar tetapi kolom akan segera lurus kembali jika gaya lateral P_l dihilangkan. Kolom demikian dikatakan dalam keadaan stabil. Selanjutnya jika gaya lateral P_l dikerjakan dan gaya aksial P_a diperbesar secara berangsur-angsur maka lengkungan akan semakin besar dan pada saat gaya P_a mencapai besar tertentu maka dicapai keadaan dimana kolom tidak akan lurus kembali meskipun gaya lateral P_l dihilangkan. Kolom demikian dikatakan dalam keadaan tidak stabil. Gaya aksial P_a yang berada pada batas keadaan stabil dan tidak stabil disebut gaya aksial kritis.

Besarnya gaya aksial kritis ditentukan dengan menyelesaikan persamaan diferensial order dua di bawah ini,

$$EIv'' = -M \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dengan E adalah modulus elastis, I adalah momen inerti, v adalah lendutan, dan M adalah momen lentur (gambar 1c). Karena $M = P.v$ maka persamaan (3) dapat ditulis menjadi,

$$EIv'' + Pv = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan (4) dapat ditulis menjadi,

$$v'' + k^2v = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

dengan $k^2 = \frac{P}{EI}$

Penyelesaian persamaan (5) menghasilkan gaya aksial kritis (P_{cr}),

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

dengan besar lendutan (v) adalah,

$$v = C_1 \sin \frac{\pi x}{L} \quad \dots\dots\dots (7)$$

dengan L adalah panjang kolom.

Persamaan (6) dikenal dengan rumus Euler dan digunakan untuk menghitung beban kritis untuk kolom panjang [8].

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan variabel terikatnya adalah kapasitas tekan kolom laminasi, sedangkan kelangsingan kolom laminasi sebagai variabel bebas. Angka kelangsingan (*slenderness*) kolom tersebut ditentukan mulai dari 6,60 sampai 103,22. Jenis perekat, banyaknya perekat terlabur, besarnya pengempaan, dan lama pengempaan menjadi variabel kontrol. Jenis perekat yang digunakan adalah *urea formaldehyde* yang diperoleh dari *PT. Pamolite Adhesive Industry*, Probolinggo, Jawa Timur [5]. Besarnya pengempaan ditetapkan 1,1 Mpa dan lamanya pengempaan ditetapkan 10 jam sesuai rekomendasi peneliti terdahulu [7].

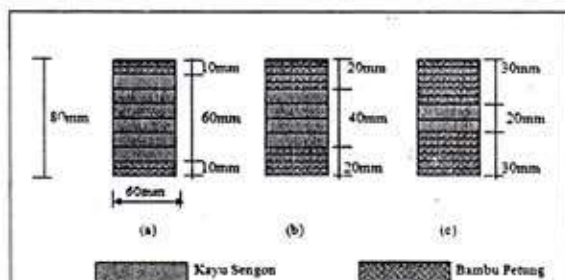
Sebelum kolom laminasi dibuat, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan terhadap bahan kolom laminasi yaitu Kayu Sengon dan Bambu Petung. Pengujian pendahuluan terhadap Kayu Sengon dan Bambu Petung meliputi sifat fisika, sifat mekanika, dan kekuatan geser blok geser laminasi. Benda uji pendahuluan dibuat dengan membagi kayu sengon maupun bambu menjadi tiga bagian, yaitu bagian bawah, bagian tengah, dan bagian atas. Dari tiap-tiap bagian kemudian dibuat tiga benda uji, dengan bentuk dan ukuran benda uji kayu sengon dibuat berdasarkan *Annual Book of ASTM Standards 2003* [6], sedangkan bentuk dan ukuran benda uji bambu dibuat berdasarkan ISO 1975 [11].

Rasio bambu petung di dalam penampang kolom dibuat tiga jenis yaitu 0,25; 0,50; dan 0,75 seperti Gambar 2. Masing-masing benda uji dibuat ulangan 3 kali. Ukuran benda uji kolom laminasi dibuat dalam skala konstruksi dan mengikuti spesifikasi ukuran kayu untuk bangunan rumah dan gedung yaitu lebar 60mm, tinggi 80mm, dan panjang disesuaikan dengan kelangsingan kolom [3]. Ukuran dan kode benda uji kolom laminasi dicantumkan pada Tabel 1 sedangkan gambar potongan melintang kolom laminasi ditampilkan pada Gambar 2.

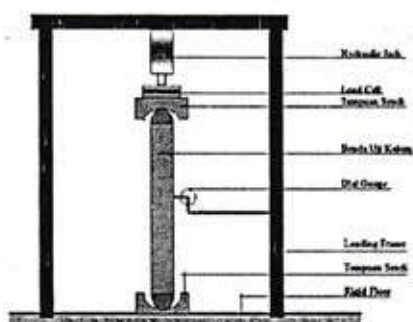
Tabel 1 Panjang, kelangsingan, dan kode benda uji kolom laminasi

PANJANG KOLOM (cm)	Rasio Bambu Petung dalam Kolom Laminasi					
	0,25		0,50		0,75	
	KODE	Kelangsingan	KODE	Kelangsingan	KODE	Kelangsingan
18,00	K25-1	6.50	K50-1	6.65	K75-1	7.15
51.56	K25-3	18.61	K50-3	19.03	K75-3	20.49
86.60	K25-5	31.26	K50-5	31.97	K75-5	34.41
121.24	K25-7	43.77	K50-7	44.76	K75-7	48.17
155.88	K25-9	56.27	K50-9	57.55	K75-9	61.93
190.53	K25-11	68.78	K50-11	70.34	K75-11	75.70
225.15	K25-13	81.28	K50-13	83.12	K75-13	89.45
259.81	K25-15	93.79	K50-15	95.91	K75-15	103.22

Pengujian kolom laminasi dilakukan dengan *setting* pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pada ujung dan pangkal kolom diberi landasan sendi sedangkan parameter yang diukur dari pengujian ini adalah beban maksimal yang mampu ditahan oleh kolom.



Gambar 2 Penampang Melintang Kolom Laminasi



Gambar 3 *Setting up* pembebanan benda uji kolom laminasi

4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Dengan berpedoman pada metode sampling yang tercantum dalam metode penelitian, diperoleh data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik kayu sengon dan bambu petung seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Sengon dan Bambu Petung

No	Sifat Fisik & Mekanik	Satuan	Kayu Sengon	Bambu Petung
1.	Kadar air	(%)	12,78	12,50
2.	Berat jenis	gr/cc	0,30	0,63
3.	MOE	kg/cm ²	49015	166703
4.	(MOR)	kg/cm ²	475,88	1490
5.	Tekan sejajar serat	kg/cm ²	173,06	321,5
6.	Tarik sejajar serat	kg/cm ²	591	1664
7.	Geser sejajar serat	kg/cm ²	54	87,50

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menurut PKKI NI-5 1961 kayu sengon dalam penelitian ini diklasifikasikan sebagai kayu klas kuat IV-V, sedangkan untuk bambu petung, jika digunakan standar untuk kayu, termasuk kayu kelas kuat I – II.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Kolom Laminasi

Pengujian kolom laminasi di lakukan untuk tiap kelangsingan yang telah dirancang dengan masing-masing 3 (tiga) specimen ulangan. Pembebanan dilakukan secara menerus sampai kolom runtuh. Keruntuhan kolom ditandai dengan terjadinya lendutan yang membesar tanpa penambahan beban. Rekapitulasi Hasil pengujian kolom dicantumkan dalam Tabel 3. Agar jelas kecenderungan hubungan antara kelangsingan dan tegangan tekan kolom pada Gambar 4 dicantumkan grafik hubungan yang dimaksud.

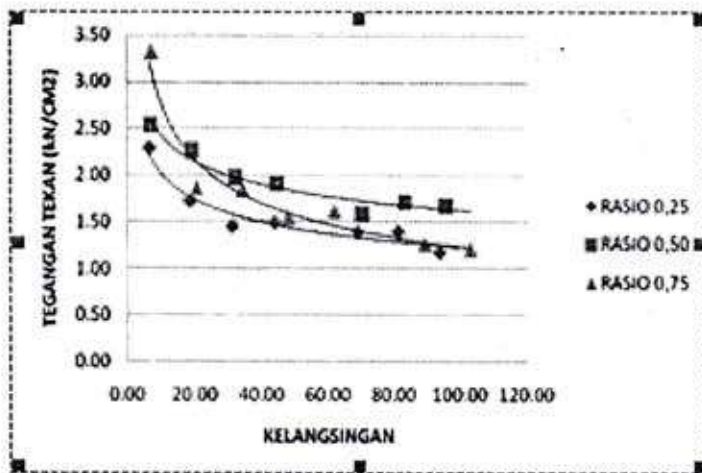
Terdapat beberapa informasi penting sehubungan dengan hasil pengujian kolom laminasi dalam penelitian ini. Pertama, bahwa kapasitas tekan untuk kolom laminasi yang paling pendek yaitu kolom dengan kelangsingan di bawah 10 ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu sengon. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian laminasi bambu pada kolom laminasi kayu sengon mampu meningkatkan kuat tekan kolom. Selanjutnya dapat dilihat bahwa semakin banyak laminasi bambu yang ditambahkan pada kolom kayu sengon semakin besar peningkatan kekuatan kolom. Sebagai perbandingan dapat disampaikan bahwa kekuatan tekan kayu sengon adalah

$\sigma k = 173,06 \text{ kg/cm}^2$ dengan $E = 49015 \text{ kg/cm}^2$, dan kekuatan tekan bambu petung adalah $\sigma k = 321,5 \text{ kg/cm}^2$ dengan $E = 166703 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan kekuatan kolom laminasi pendek berturut-turut untuk rasio bambu 0,25; 0,50; dan 0,75 adalah $\sigma k_{0,25} = 229 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma k_{0,50} = 254 \text{ kg/cm}^2$, dan $\sigma k_{0,75} = 332 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 3 Tegangan Tekan Kolom Laminasi

Rasio 0,25		Rasio 0,50		Rasio 0,75	
Kelangsing (λ)	Tegangan Tekan (kg/cm^2)	Kelangsing (λ)	Tegangan Tekan (kg/cm^2)	Kelangsing (λ)	Tegangan Tekan (kg/cm^2)
6,50	229	6,65	254	7,15	332
18,61	172	19,03	226	20,49	186
31,26	145	31,97	197	34,41	185
43,77	149	44,76	191	48,17	155
56,27	196	57,55	197	61,93	161
68,78	139	70,34	158	75,70	176
81,28	139	83,12	171	89,45	127
93,79	118	95,91	166	103,22	121

Catatan: $1 \text{ kN/cm}^2 = 100 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4 Grafik hubungan antara tegangan tekan dan kelangsingan kolom laminasi

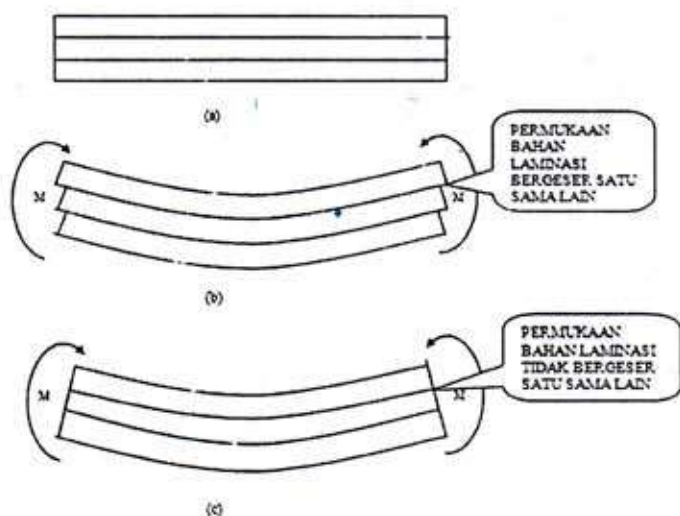
Sesuai dengan teori bahan komposit, bahwa perpaduan bahan dengan modulus elastis lebih tinggi dengan bahan dengan modulus elastis lebih rendah akan menjadi bahan dengan kekuatan menengah. Penambahan 25% bambu pada kolom pendek laminasi kayu sengon mampu meningkatkan kekuatan kolom sebesar 32,37%, penambahan bambu sebesar 50% mampu meningkatkan kekuatan kolom sebesar 46,82%, dan penambahan bambu sebesar 75% mampu meningkatkan kekuatan kolom sebesar 91,91%.

Informasi kedua adalah bahwa untuk berbagai tingkat kelangsingan kolom maka kolom dengan rasio 0,50 memiliki kekuatan tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan kolom dengan rasio 0,25. Keadaan ini sejalan dengan teori bahan komposit yang telah disampaikan di atas. Dengan teori bahan komposit diharapkan bahwa kolom dengan rasio 0,75 akan memiliki kekuatan di atas kolom dengan rasio 0,50, tetapi harapan ini tidak terjadi. Dari grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa kekuatan tekan

kolom dengan rasio 0,75 berada di bawah kolom dengan rasio 0,50 kecuali untuk kelangsingan dibawah 10. Hal ini menunjukkan bahwa teori bahan komposit tidak dapat dipenuhi oleh kolom laminasi dengan rasio 0,75 dalam penelitian ini.

Mempelajari pola kerusakan yang terjadi pada kolom setelah dilakukan pengujian dapat dilihat bahwa kolom dengan rasio bambu 0,25 memiliki kecenderungan rusak patah pada bagian kayu sengon, sedangkan kolom dengan rasio bambu 0,50 kerusakan kolom didominasi oleh rusaknya plupuh bambu dan terlepasnya rekatan antar lapisan laminasi. Kerusakan kolom dengan rasio bambu 0,75 didominasi oleh terlepasnya rekatan antar bahan laminasi.

Pola kerusakan yang terjadi pada kolom laminasi setelah diuji dipadu dengan teori mekanisme keruntuhan kolom dan ilmu tegangan dipakai untuk menjelaskan mengapa pada rasio bambu 0,75 kekuatan kolom laminasi menurun. Sesuai dengan mekanisme keruntuhan kolom akibat tekuk, pada kolom yang dibebani dengan gaya Pa yang berangsur-angsur ditingkatkan besarnya, maka kolom akan berangsur-angsur melengkung sehingga pada saat beban Pa melampaui beban kritis lengkungan kolom akan semakin besar meskipun beban Pa sudah tidak ditambah lagi.



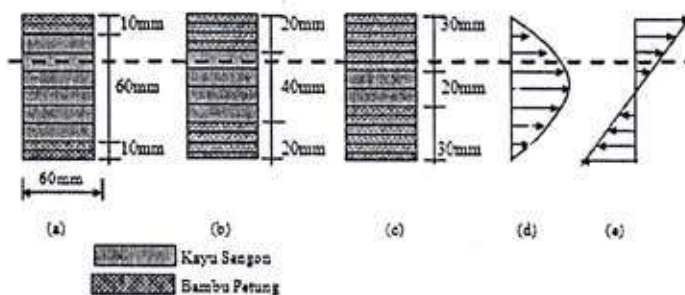
Gambar 5 Batang laminasi dengan beban momen: (a) Batang laminasi tanpa beban momen, (b) Batang laminasi tanpa rekatan dengan beban momen, (c) Batang laminasi terikat dengan beban momen

Ketika kolom melengkung akibat beban Pa, maka pada tengah-tengah tinggi kolom terjadi beban sebesar Pa ditambah momen akibat sumbu memanjang kolom yang membuat jarak sebesar v dengan garis kerja gaya Pa (lihat Gambar 1(c)). Momen sebesar $M = Pa \cdot v$ inilah yang menyebabkan kolom melengkung.

Pada sebuah batang laminasi yang melengkung akibat momen terjadi tegangan geser searah sumbu memanjang batang yang keberadaannya dapat dijelaskan dengan Gambar 5. Sebuah batang laminasi yang mula-mula lurus dan tanpa beban (Gambar 5(a)) dikenai beban momen pada ujung-ujungnya sebesar M sehingga batang tersebut melengkung. Jika diantara bahan penyusun laminasi tidak melekat satu sama lain dengan baik maka setelah melengkung keadaan batang seperti Gambar 5(b) yaitu bagian bawah tiap-tiap bahan laminasi akan memanjang dan bagian atasnya akan memendek sehingga antar permukaan bahan laminasi yang bersinggungan akan

bergeser. Keadaan ini tidak akan terjadi jika antar permukaan bahan laminasi saling melekat dengan baik satu dengan yang lain seperti pada Gambar 5(c). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa agar batang laminasi dapat bekerja sebagai satu kesatuan maka kuat rekat antar bahan penyusun batang laminasi harus melebihi tegangan geser searah sumbu memanjang batang. Jika hal ini tidak terjadi maka batang laminasi tidak bekerja sebagai satu kesatuan melainkan masing-masing bahan bekerja sendiri-sendiri sehingga kekuatannya menjadi menurun.

Untuk menjelaskan mengapa kolom dengan rasio 0,75 memiliki kekuatan lebih rendah dari kolom dengan rasio 0,50 maka perlu dipahami bagaimana distribusi tegangan lentur dan tegangan geser pada batang yang menerima momen lentur. Sebuah batang yang menerima momen lentur akan mengalami dua macam tegangan yaitu tegangan lentur dan tegangan geser (Gambar 6).



Gambar 6 Tegangan pada Penampang Melintang Kolom Laminasi dengan Rasio Bambu Petung terhadap Kolom Laminasi (a) 0.25 (b) 0.50 (c) 0.75, (d) Tegangan Geser, (e) Tegangan Lentur

Sesuai dengan Gambar 6(d) terlihat bahwa tegangan geser terbesar terjadi pada tengah-tengah tinggi penampang atau pada garis netral sedangkan semakin ke serat tepi atas atau tepi bawah penampang tegangan geser semakin kecil dan berharga nol tepat di serat teratas dan serat terbawah penampang. Distribusi tegangan lentur pada Gambar 6(e) berbalikan dengan distribusi tegangan geser. Pada tengah-tengah tinggi penampang atau pada garis netral tegangan lenturnya nol dan pada serat teratas atau terbawah dari penampang tegangan lenturnya maksimum [8].

Ketika Rasio bambu dalam penampang kolom 0,25 (Gambar 6(a)) maka kayu sengon masih harus menahan tegangan lentur yang besar sehingga untuk kolom dengan rasio ini akan mengalami gagal lentur yang ditandai oleh terjadinya tekuk dan rusaknya kayu sengon. Pada kolom dengan rasio ini tegangan geser yang besar seluruhnya ditahan oleh kayu sengon. Ketika rasio bambu dalam penampang kolom 0,50 maka tegangan lentur yang ditahan oleh kayu sengon menjadi semakin kecil sehingga sudah tidak terjadi kerusakan pada kayu sengon sedangkan tegangan lentur yang lebih besar ditahan oleh bambu yang memang lebih kuat dari kayu sengon. Pada saat ini tegangan geser yang besar masih ditahan oleh kayu sengon. Itulah sebabnya kekuatan kolom dengan rasio 0,50 lebih besar dari kekuatan kolom dengan rasio 0,25. Pada saat rasio bambu dalam kolom mencapai 0,75 maka tegangan lentur yang besar telah ditahan oleh bambu yang memang memiliki kekuatan besar, sehingga diharapkan kekuatan kolom meningkat. Tetapi pada saat yang bersamaan tegangan geser yang besar tidak lagi ditahan oleh kayu sengon tetapi ditahan oleh bambu yang memiliki kuat rekat rendah terutama untuk bambu bagian atas (bambu pucuk) yang memiliki kuat rekat geser

sekitar 11kg/cm^2 . Bandingkan dengan kuat rekat sengon-sengon yang mencapai $17,83\text{kg/cm}^2$. Itulah sebabnya sebelum kemampuan lenturnya terpakai secara penuh, kolom dengan rasio 0,75 telah rusak akibat geser sehingga kemampuannya dalam menahan beban menjadi lebih rendah dari kolom dengan rasio 0,50.

Peristiwa menurunnya kekuatan batang laminasi kayu dan bambu dengan rasio bambu 0,75 atau lebih tidak hanya terjadi pada pengujian kolom ini. Penelitian-penelitian balok laminasi kayu dan bambu juga memperoleh hasil serupa. Setyo H,N,I dan Sudiby, G.H meneliti tentang pemanfaatan lamina bambu pada balok komposit GLULAM beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan balok laminasi kayu kerueng dan bambu petung ini mencapai maksimum pada saat persentase bambu di dalam tampang laminasi mencapai 50% [12]. Karyadi dan Eko Suwarno telah meneliti balok laminasi kayu sengon dan bambu petung. Dalam penelitian ini rasio bambu petung di dalam penampang balok dibuat bervariasi yaitu 0.0; 0.25;0.50;0.75; dan 1.00. Rasio 0.25 artinya dalam penampang balok laminasi terdapat 25% bambu petung dan 75% kayu sengon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bambu petung sampai rasio 0,50 berhasil meningkatkan kekuatan lentur balok laminasi. Tetapi jika rasio bambu petung ditambah menjadi 0,75 atau 1.00 kekuatan balok laminasi menjadi menurun. Jadi kekuatan maksimum balok laminasi dalam penelitian ini tercapai jika rasio bambu di dalam balok adalah 0,50. Balok laminasi dengan rasio 0.50 atau kurang mengalami rusak lentur sedangkan untuk rasio 0.75 atau lebih mengalami rusak geser[10]. Suwarno, E., dan Karyadi meneliti balok laminasi yang tersusun dari kayu sengon dan bambu jawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban tertinggi dapat dipikul oleh balok dengan rasio bambu sebesar 0,50, jika rasio bambu ditingkatkan menjadi 0,75 maka kekuatan balok laminasi akan menurun. Kerusakan balok untuk rasio bambu 0,50 atau kurang adalah kerusakan akibat lentur sedangkan untuk balok dengan rasio bambu 0,75 mengalami kerusakan geser[13]. Yasin, I meneliti pengaruh lamina bambu terhadap kuat lentur balok kayu laminasi kerueng-sengon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi balok tercapai pada saat rasio bambu di dalam tampang balok mencapai 0,50. Untuk balok dengan rasio bambu 0,25 atau kurang terjadi kerusakan lentur sedangkan untuk balok dengan rasio bambu 0,50 atau lebih terjadi kerusakan geser [14].

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan diperoleh kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut: (1) Sifat fisika dan mekanika Kayu Sengon adalah: Kadar air = 12,78%, Berat Jenis = 0,30gram/cc, MOE=49015kg/cm², MOR= 475,88kg/cm², tegangan tekan sejajar serat = 173,06 kg/cm², tegangan tarik sejajar serat = 591 kg/cm², dan tegangan geser sejajar serat = 54 kg/cm². Sesuai dengan standard yang ditetapkan PKKI NI-5 1961 kayu sengon dalam penelitian ini termasuk dalam kelas kuat IV sampai V, (2) Sifat fisika dan mekanika Bambu Petung adalah: Kadar air = 12,50%, Berat Jenis = 0,63gram/cc, MOE=166703kg/cm², MOR= 1490kg/cm², tegangan tekan sejajar serat = 321,5kg/cm², tegangan tarik sejajar serat = 1664 kg/cm², dan tegangan geser sejajar serat = 87,50kg/cm². Sesuai dengan standard yang ditetapkan PKKI NI-5 1961 bambu petung dalam penelitian ini termasuk dalam kelas kuat I sampai II, (3) Besarnya kapasitas tekan (beban kritis) pada kolom laminasi bervariasi sesuai dengan angka kelangsingannya. Untuk rasio bambu petung 0,25, beban kritis bervariasi antara 229kg/cm² untuk angka kelangsingan 6,60 sampai 118kg/cm² untuk angka kelangsingan 93,97. Untuk rasio bambu petung 0,50, beban kritis bervariasi antara

254kg/cm² untuk angka kelangsingan 6,65 sampai 166kg/cm² untuk angka kelangsingan 95,91. Untuk rasio bambu petung 0,75, beban kritis bervariasi antara 332kg/cm² untuk angka kelangsingan 7,15 sampai 121kg/cm² untuk angka kelangsingan 103,22, (4) Kekuatan kolom laminasi kayu sengon bambu petung meningkat ketika rasio bambu petung ditingkatkan dari 0,25 menjadi 0,50 dan kekuatannya menurun jika rasio bambu petung ditingkatkan lagi menjadi 0,75. Jadi kekuatan kolom laminasi tetinggi tercapai pada rasio bambu petung 0,50.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Ambrose, J, 1994, *Simplified Design of Wood Structures*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
2. Anonim, 1961, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 (PKKI-1961)*, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
3. Anonim, 1990, SK SNI-S-05-1990-F, *Spesifikasi Ukuran kayu untuk Bangunan Rumah dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.
4. Anonim, 1996, American Forest and Paper Association, American Society of Civil Engineers, *Standard for Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Engineered Wood Construction*, Published by American Society of Civil Engineers, New York.
5. Anonim, 2001, *Brosur Perekat Urea Formaldehyde*, PT. Pamolite Adhesive Industri, Probolinggo-Jawa Timur.
6. Anonim, 2003, Designation D 143-83, Standart Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber, *Annual Book of ASTM Standards*, Baltimore-USA.
7. Fakhri, 2001, *Pengaruh Jumlah Kayu Pengisi Balok Komposit Kayu Keruing-Sengon terhadap Kekuatan dan Kekakuan Balok Kayu Laminasi (Glulam Beams)*, Tesis PPS UGM Yogyakarta, tidak dipublikasikan.
8. Gere and Timoshenko, 1994, *Mechanics of Material*, Third S1 Edition, Chapman & Hall, London.
9. Hart, E.D, 1995, Combined Equation for Sizing Timber Columns, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 121 No. 11, pp. 1730-1733.
10. Karyadi dan Suwarno, E., 2006, Kajian Analitis dan Eksperimental Kekakuan dan Kekuatan Lentur Balok Laminasi dari Bahan Kayu Sengon dan Bambu Petung, *Jurnal Teknologi dan Kejuruan*, Vol. 29, No. 2, pp. 91 – 104.
11. Prayitno, T.A., (1995), *Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Menurut ISO* (terjemahan), Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
12. Setyo H.N.I dan Sudiby, G.H, 2005, *Pemanfaatan Lamina Bambu pada Balok Komposit Glulam Beton*, Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Perkembangan Perbambuan di Indonesia, Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 17 Januari 2005.
13. Suwarno, E., dan Karyadi (2006), *Kajian Analitis dan Eksperimental Kekakuan dan Kekuatan Balok Laminasi dengan Bahan Kayu Sengon dan Bambu Jawa*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang.
14. Yasin, I., 2009, Pengaruh Lamina Bambu terhadap Kuat lentur Balok Laminasi Keruing-Sengon, *Proceeding Seminar Nasional Rekayasa Bambu Sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan*, Universitas Gadjah Mada Jogjakarta, 16-17 Maret 2009
15. Zahn, JJ, 1991, Re-examination of The Ylinen and Other Column Equations, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 118 no. 10, pp. 2716 – 2728.
16. Zahn, J.J. and Rammer, D.R, 1995, Design of Glue laminated Timber Columns, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 121 no. 12, December, pp. 1789-1794.