

Kekuatan Kolom Berpenampang Kotak

dari Laminasi Bilah
Bambu Petung



Kekuatan Kolom **Berpenampang** Kotak

dari Laminasi Bilah
Bambu Petung

Karyadi | Sri Murni Dewi | Agoes Soehardjono M.D



**KEKUATAN KOLOM BERPENAMPANG KOTAK
DARI LAMINASI BILAH BAMBU PETUNG**

Ditulis oleh:
Karyadi
Sri Murni Dewi
Agoes Soehardjono M.D

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Blok B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Oktober 2025

Perancang Sampul: D Gea Nuansa
Penata Letak: Nihlatul Azizah

ISBN: 978-634-234-723-2

viii + 104 hlm; 15,5x23 cm.

©Oktober 2025



PRAKATA

Kolom berpenampang kotak atau *box column* merupakan salah satu elemen struktur yang banyak digunakan pada konstruksi modern karena kemampuannya menahan beban aksial dan momen lentur secara efisien. Bentuk penampang kotak memberikan momen inersia yang lebih besar dibandingkan dengan penampang pejal untuk sejumlah material yang sama. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan material konstruksi yang ramah lingkungan, pemanfaatan material alternatif seperti bambu petung menjadi salah satu pilihan inovatif yang patut dipertimbangkan.

Bambu petung dikenal memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, bobot ringan, serta pertumbuhan cepat, menjadikannya material yang berkelanjutan. Melalui proses laminasi, sifat mekanis bambu dapat ditingkatkan secara signifikan, menghasilkan material yang lebih stabil, homogen, dan tahan terhadap perubahan dimensi akibat faktor lingkungan. Penerapan bambu petung laminasi pada kolom berpenampang kotak diharapkan dapat menggabungkan kekuatan struktural dengan keberlanjutan lingkungan.

Buku ini menyajikan pembahasan mengenai kekuatan kolom berpenampang kotak dari laminasi bambu petung secara sistematis. Materi yang disajikan meliputi konsep dasar mekanika kolom berpenampang kotak, pengaruh sifat material terhadap kekuatan dan kestabilan struktur,

serta tinjauan performa berdasarkan pendekatan analitis dan eksperimental. Penyajian dibuat agar pembaca dapat memahami hubungan antara kekuatan struktural, sifat material, dan kinerja yang dihasilkan.

Dengan memadukan kajian ilmiah dan aspek aplikatif, pembahasan dalam buku ini diharapkan mampu mendorong pemanfaatan bambu petung sebagai alternatif material struktural yang kompetitif, efisien, dan ramah lingkungan dalam konstruksi masa depan.



DAFTAR ISI

Prakata	iii
Daftar Isi	v

BAB I

KONSEP DASAR BAMBU	1
Pengenalan Tanaman Bambu	1
Ketersediaan Bambu di Dunia dan di Indonesia	4
Sifat Fisika dan Mekanika Bambu	5
Sifat Kimia dan Perekatan Bambu	10
Keawetan dan Pengawetan Bambu	14

BAB II

KOLOM BERPENAMPANG KOTAK LAMINASI BILAH BAMBU PETUNG	17
Teori Kolom Berpenampang Kotak	17
Puntir pada Kolom Berpenampang Kotak	20
Tekuk Lokal pada Kolom Berpenampang Kotak	24
Kekakuan (<i>stiffness</i>) Kolom Berpenampang Kotak	35
Tekuk Global Kolom Berpenampang Kotak	40

BAB III

FORMULA PERHITUNGAN BERPENAMPANG KOTAK.....	49
Formula Perhitungan Puntir pada Balok	
Berpenampang Kotak.....	49
Formula Perhitungan Kekakuan Balok Berpenampang Kotak	50
Formula Perhitungan Tekuk Lokal pada Kolom	
Berpenampang Kotak	52
Formula Perhitungan Tekuk Global pada Kolom	
Berpenampang Kotak.....	53

BAB IV

KOLOM BERPENAMPANG KOTAK DENGAN BEBAN	
PUNTIR	57
Hubungan Momen Puntir dan Sudut Puntir Hasil Uji.....	57
Tegangan Geser Maksimum.....	59
Modulus Geser	61

BAB V

TEKUK LOKAL PADA KOLOM BERPENAMPANG	
KOTAK	63
Pola Perubahan pada Dinding Kolom	63
Tegangan Tekan.....	65
Pola Hubungan antara Nisbah b/t dan Tegangan	
Tekan Kolom	67

BAB VI

MODULUS ELASTIS BALOK BERPENAMPANG

KOTAK	71
Hubungan antara Beban dan Lendutan.....	71
Modulus Elastis Lentur	72
Tegangan Geser	74
Tegangan Lentur	75

BAB VII

TEKUK GLOBAL PADA KOLOM BERPENAMPANG

KOTAK	77
Beban Kritis Berdasarkan Pengujian.....	77
Beban Kritis Berdasarkan Prediksi.....	79
Model Kegagalan Kolom.....	83
Simpangan Sumbu Memanjang Kolom	86
Regangan pada Kolom	89
Puntir pada Kolom	90

Daftar Pustaka	93
Profil Penulis.....	103



BAB I

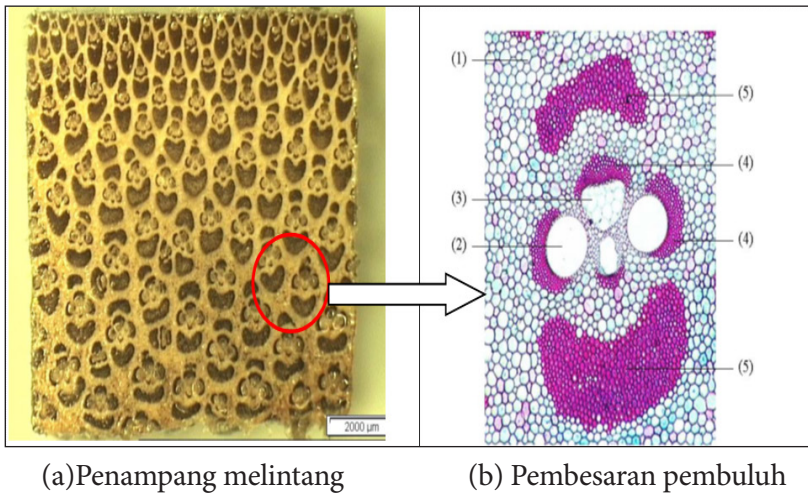
KONSEP DASAR BAMBU

Pengenalan Tanaman Bambu

Bambu, jika ditinjau dari sudut pandang kajian taksonomi, merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang termasuk dalam subfamili Bambusoideae, yang berada di bawah naungan famili Gramineae (Poaceae), yaitu kelompok tumbuhan berumput, yang selanjutnya diklasifikasikan dalam ordo Graminales, bagian dari kelas Monocotyledons (tumbuhan monokotil), yang termasuk dalam subfilum Angiosperms (tumbuhan berbunga berbiji tertutup), serta tergolong dalam filum Spermatophyta (tumbuhan berbiji) (Qisheng dkk., 2002). Secara global, keberagaman bambu sangat tinggi, dengan jumlah mencapai sekitar 70–80 genus dan lebih dari 1.000 spesies yang tersebar di berbagai wilayah dunia. Distribusi paling dominan terdapat di kawasan Asia-Pasifik, yang mencakup sekitar 40—50 genus dengan total 900 spesies, sehingga menjadikan wilayah tersebut sebagai pusat keragaman bambu dunia (Yuming & Chaomao, 2010).

Indonesia sendiri, sebagai salah satu negara megabiodiversitas, memiliki 143 jenis bambu, dan di antaranya terdapat 9 jenis bambu endemik Pulau Jawa yang tidak ditemukan di wilayah lain (Widjaya, 2001 dalam Suryana dkk., 2011). Walaupun keragaman spesies bambu sangat

melimpah, hanya sekitar 50 spesies yang telah diidentifikasi dan terbukti dapat dimanfaatkan secara optimal dalam bidang konstruksi bangunan, khususnya karena sifat mekanis, kekuatan, serta keawetannya (Jansen, 2000). Setiap spesies bambu memiliki ciri khas yang membedakan antara satu dengan yang lain, baik dari segi ukuran fisik, diameter batang, ketebalan dinding ruas, warna, tekstur permukaan, maupun pola pertumbuhan, sehingga menjadikannya sebagai salah satu sumber daya hayati yang sangat variatif sekaligus potensial untuk berbagai kebutuhan manusia.



Gambar 1.1 Penampang Buluh Bambu Petung

Sumber: Malanit (2009)

Secara morfologi, struktur tumbuhan bambu dapat dibedakan menjadi dua bagian utama, yaitu rimpang (rhizome) dan buluh (culm). Rimpang merupakan organ vegetatif yang berada di dalam tanah dan berfungsi sebagai pusat pertumbuhan sekaligus sarana regenerasi bambu, sedangkan buluh adalah bagian yang tumbuh menjulang di atas permukaan tanah dan berperan sebagai batang utama yang menopang keseluruhan struktur tumbuhan, serta menjadi bagian yang paling banyak dimanfaatkan dalam berbagai penelitian maupun aplikasi praktis (Wong, 2004; Qisheng et al., 2002). Pada pengamatan anatomi mikroskopis, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1.1a, buluh bambu memperlihatkan susunan jaringan



BAB II

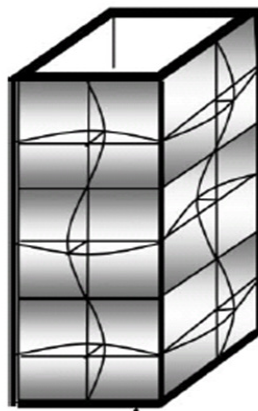
KOLOM BERPENAMPANG KOTAK LAMINASI BILAH BAMBU PETUNG

Teori Kolom Berpenampang Kotak

Teori kolom berpenampang kotak dalam konteks penelitian ini diarahkan pada kajian mekanika kolom laminasi bilah bambu yang disusun membentuk penampang berbentuk kotak atau lebih dikenal dengan istilah *square hollow section* (SHS). Kolom dengan penampang kotak ini pada dasarnya merupakan suatu struktur yang dibangun dari empat papan laminasi bilah bambu yang direkatkan pada sisi-sisinya hingga menghasilkan bentuk kotak berongga. Proses pembentukannya dilakukan dengan cara menyusun bilah-bilah bambu secara laminasi, yakni bilah-bilah bambu direkatkan baik pada arah tebal maupun lebar sehingga menghasilkan papan bambu dengan dimensi tertentu sesuai kebutuhan.

Dari perspektif mekanika struktur, penampang kotak atau *box section* memiliki keunggulan dibandingkan penampang padat karena distribusi material yang berada lebih jauh dari sumbu netral memberikan momen inersia yang relatif lebih tinggi, sehingga kolom berpenampang kotak memiliki kemampuan menahan beban tekan yang lebih baik serta ketahanan

yang lebih tinggi terhadap tekuk. Dalam hal ini, penerapan laminasi bilah bambu untuk membentuk papan memungkinkan terciptanya material komposit yang tidak hanya lebih homogen, tetapi juga memiliki kekuatan yang lebih merata akibat proses perekatannya. Dengan demikian, kolom berpenampang kotak dari bambu laminasi tidak hanya menawarkan solusi struktural yang lebih ringan, tetapi juga tetap menjaga kestabilan serta kapasitas daya dukung kolom terhadap beban aksial maupun lateral.



Gambar 2.1 Tekuk Lokal Kolom Berpenampang Kotak
(Sumber: Rhodes, (2002))

Secara umum, kolom panjang (*slender column*) yang tersusun dari elemen-elemen pelat tipis memiliki potensi untuk mengalami tiga jenis mekanisme tekuk (*three buckling modes*), yaitu tekuk lokal (*local buckling*), tekuk distorsi (*distortional buckling*), dan tekuk global (*global buckling*) sebagaimana dijelaskan oleh Zieman (2010: 557—558). Tekuk lokal merupakan bentuk ketidakstabilan struktural yang terjadi apabila elemen pelat penyusun dinding-dinding kolom mengalami deformasi akibat tegangan tekan yang bekerja, sementara garis pertemuan antar pelat tetap berada pada posisi lurus dan sudut-sudut pertemuan antar pelat tidak mengalami perubahan. Fenomena ini umumnya dijumpai pada pelat dengan rasio lebar terhadap tebal (*width-to-thickness ratio*) yang tinggi, karena kondisi tersebut menyebabkan elemen pelat menjadi lebih rentan terhadap kehilangan kestabilan. Dalam konteks kolom berpenampang



BAB III

FORMULA PERHITUNGAN BERPENAMPANG KOTAK

Formula Perhitungan Puntir pada Balok Berpenampang Kotak

Formula perhitungan puntir pada balok berpenampang kotak, sebagaimana dikemukakan oleh Gurel dan Pekgokgoz (2008), merupakan pendekatan analitis yang sangat penting karena mampu menjelaskan bagaimana distribusi tegangan geser dan deformasi akibat puntir bekerja pada elemen struktur yang memiliki geometri tertentu. Apabila suatu balok memiliki penampang berbentuk kotak dengan perbandingan antara lebar penampang (a) terhadap tebal dinding penampang (t) lebih besar atau sama dengan 2, maka perhitungan respon terhadap puntir tidak lagi dapat dilakukan dengan pendekatan sederhana, melainkan harus menggunakan formula khusus yang mempertimbangkan rasio geometri tersebut.

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_T} \dots\dots\dots 3.1$$

dengan,

$$W_T = a^3 \left(1,864 \left(\frac{t}{a} \right) - 5,340 \left(\frac{t}{a} \right)^2 + 4,984 \left(\frac{t}{a} \right)^3 \right) \dots\dots\dots 3.2$$

Selanjutnya, besarnya sudut puntir persatuan panjang balok (ω) yang terjadi akibat momen puntir (T) dihitung dengan rumus,

$$\omega = \frac{T}{GK_T} \dots\dots\dots 3.3$$

dengan G adalah modulus geser dan K_T adalah konstanta puntir yang dihitung dengan rumus,

$$K_T = a^4 \left(0,978 \left(\frac{t}{a} \right) - 2,309 \left(\frac{t}{a} \right)^2 + 1,826 \left(\frac{t}{a} \right)^3 \right) \dots\dots\dots 3.4$$

Formula Perhitungan Kekakuan Balok Berpenampang Kotak

Formula untuk perhitungan kekakuan balok berpenampang kotak pada dasarnya didasarkan pada teori tegangan lentur dan tegangan geser yang timbul akibat adanya beban transversal. Untuk tegangan lentur, hubungan antara momen lentur yang bekerja pada balok dengan tegangan maksimum yang timbul dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{M}{S}, \dots\dots\dots 3.5$$

di mana σ adalah tegangan lentur maksimum (MPa), M adalah momen lentur yang bekerja (N·mm), dan S merupakan modulus tampang (section modulus) yang bergantung pada geometri penampang balok (mm³). Persamaan ini menunjukkan bahwa semakin besar momen lentur yang diterima balok atau semakin kecil nilai modulus tampang penampang, maka semakin besar tegangan lentur yang terjadi pada serat terluar balok.

Sementara itu, tegangan geser akibat adanya gaya lintang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} \dots\dots\dots 3.6$$

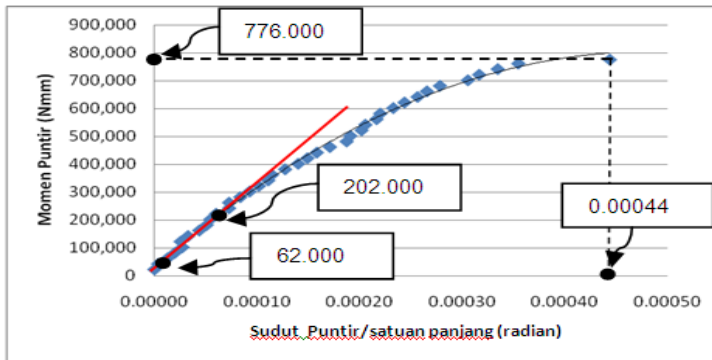


BAB IV

KOLOM BERPENAMPANG KOTAK DENGAN BEBAN PUNTIR

Hubungan Momen Puntir dan Sudut Puntir Hasil Uji

Hubungan antara momen puntir dan sudut puntir yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimental terhadap delapan balok berpenampang kotak menunjukkan adanya variasi karakteristik respon torsi material terhadap beban puntir yang diterapkan, di mana untuk setiap balok dengan kode identifikasi tertentu diperoleh grafik hubungan yang berbeda. Sebagai contoh, pada balok dengan kode T.80.12 yang ditampilkan dalam Gambar 4.1 tercatat bahwa nilai momen puntir maksimum yang mampu ditahan oleh balok tersebut mencapai 776.000 Nmm dengan sudut puntir maksimum per satuan panjang sebesar 0,00044 radian, yang menunjukkan kapasitas puntir material serta kekakuan torsi relatif tinggi pada tahap pembebanan hingga kegagalan. Adapun daerah linier dari grafik hubungan momen–sudut puntir, yang secara teoritis mencerminkan perilaku elastis material, ditemukan berada pada rentang beban puntir mulai dari 5% nilai momen puntir maksimum (yakni sekitar 62.000 Nmm) hingga 25% nilai momen puntir maksimum (yakni sekitar 202.000 Nmm).



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Momen Puntir dan Sudut Puntir Balok T.80.12.

Hasil ini menunjukkan adanya kesesuaian parsial dengan temuan Khokhar, et al. (2010), yang melaporkan bahwa pada pengujian kayu Sitka spruce (*Picea sitchensis*) dan kayu Norway spruce (*Picea abies*), rentang linier grafik hubungan momen puntir dan sudut puntir terletak pada kisaran 3% sampai 30% dari nilai momen maksimum. Perbedaan rentang linier yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dapat dikaitkan dengan variasi jenis material, geometri penampang, serta sifat mekanika spesifik dari balok yang diuji.

Selanjutnya, untuk memperoleh parameter mekanika yang lebih mendalam, dilakukan perhitungan tegangan geser dan modulus geser akibat pembebanan puntir dengan menggunakan persamaan 4.1 sampai 4.4, sehingga diperoleh gambaran kuantitatif mengenai distribusi tegangan dan kekakuan geser pada material uji. Hasil perhitungan yang lebih rinci dicantumkan dalam lampiran 1, sementara ringkasan dari hasil-hasil pokok perhitungan disajikan secara sistematis dalam Tabel 4.1 sehingga memudahkan interpretasi komparatif antarspesimen, yaitu:

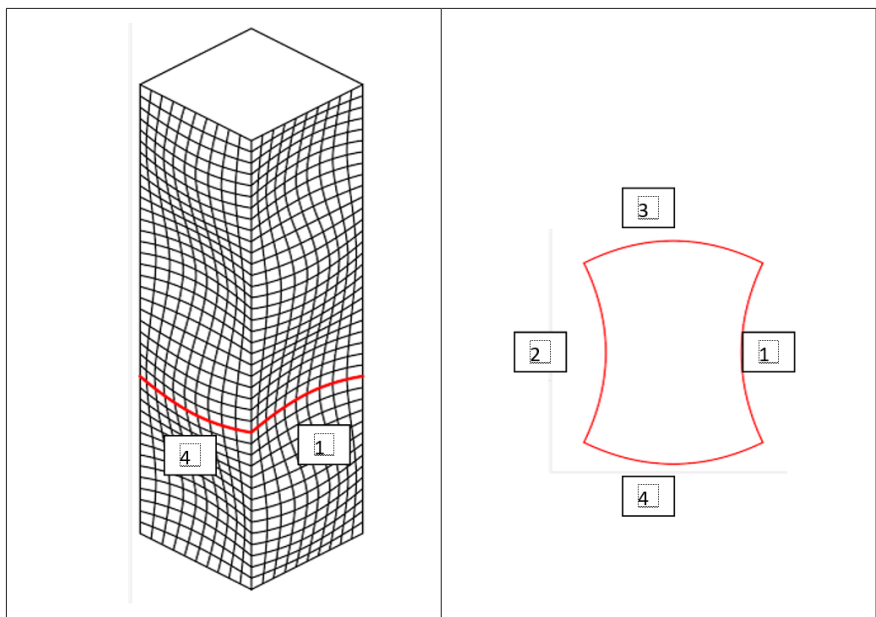


BAB V

TEKUK LOKAL PADA KOLOM BERPENAMPANG KOTAK

Pola Perubahan pada Dinding Kolom

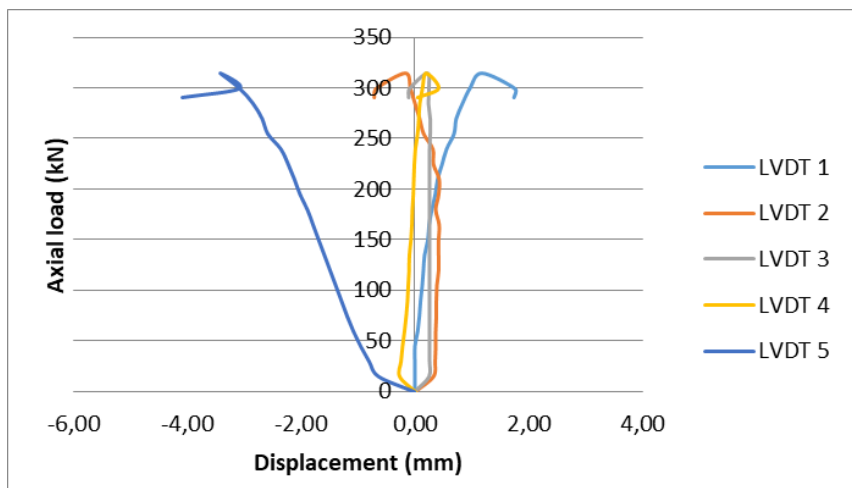
Perubahan bentuk dinding kolom diukur dengan menggunakan empat LVDT yang masing-masing ditempatkan pada tengah-tengah dinding di setengah tinggi kolom. Gambar 5.1 menunjukkan LVDT pada dinding 1 dan 2 akan mengalami perpanjangan dan LVDT pada dinding 3 dan 4 akan mengalami perpendekan. Selanjutnya hasil pengukuran perubahan dinding kolom digambar pada koordinat kartesius. Dua LVDT pada dinding 1 dan 2 akan menunjukkan perubahan dengan tanda positif dan dua LVDT pada dinding 3 dan 4 akan menunjukkan perubahan dengan tanda negatif.



a) Tampak isometris

b) penampang melintang

Gambar 5.1 Perubahan Bentuk Dinding Kolom Akibat Tekuk Lokal



Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Beban dan Perubahan Dinding Kolom

Grafik hasil pengujian terhadap sembilan kolom menunjukkan tidak satupun dinding kolom berperilaku seperti kolom yang mengalami tekuk



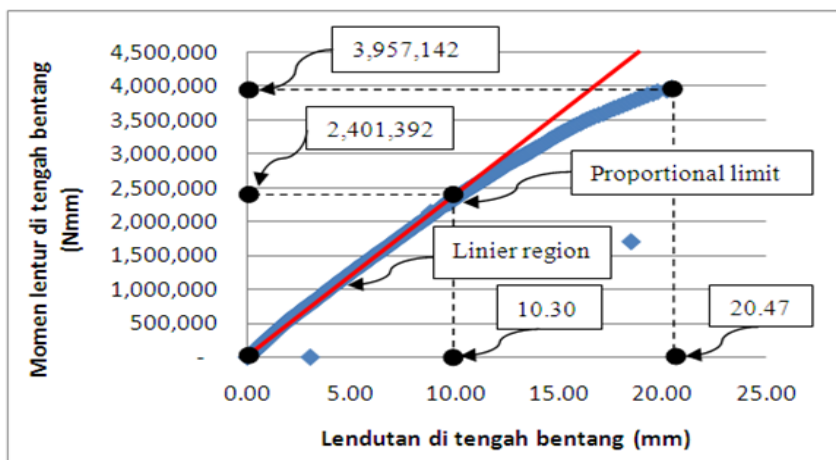
BAB VI

MODULUS ELASTIS BALOK BERPENAMPANG KOTAK

Hubungan antara Beban dan Lendutan

Hubungan antara beban yang bekerja pada balok dengan lendutan yang terjadi di tengah bentang dapat dipahami melalui hasil pengujian terhadap sembilan benda uji dengan penampang berbentuk kotak. Dari hasil pengamatan diperoleh pola umum bahwa respons struktur terhadap pembebanan menunjukkan perilaku linier pada tahap awal, yaitu ketika beban yang diterima relatif rendah. Dalam kondisi tersebut, lendutan berbanding lurus dengan besar beban atau momen lentur yang bekerja, sehingga kurva beban–lendutan masih mengikuti hukum elastisitas material. Namun, seiring bertambahnya intensitas pembebanan, hubungan tersebut tidak lagi berbentuk linier, melainkan menunjukkan deviasi yang menandakan terjadinya perubahan sifat material maupun redistribusi tegangan dalam struktur balok. Titik peralihan antara bagian linier dan non-linier tersebut dikenal sebagai batas proporsional, yaitu kondisi di mana material mulai kehilangan sifat elastis sempurna dan cenderung memasuki tahap plastis.

Visualisasi dari fenomena ini dapat diamati pada Gambar 6.1, yang memperlihatkan grafik hubungan antara momen lentur di tengah bentang dengan lendutan pada posisi yang sama untuk balok uji berkode L.80.15. Hasil tersebut menegaskan pola umum perilaku balok terhadap beban lentur, yaitu diawali dengan respons linier, kemudian beralih menjadi non-linier setelah melewati batas proporsional. Adapun data numerik secara lengkap dari seluruh benda uji ditampilkan pada Lampiran 3, yang memperkuat analisis mengenai konsistensi kecenderungan hubungan beban dan lendutan pada berbagai variasi dimensi balok uji.



Gambar 6.1 Hubungan antara Momen Lentur dan Lendutan di Tengah Bentang untuk Balok dengan Kode L.80.15

Modulus Elastis Lentur

Hasil penelitian mengenai sifat mekanis laminasi bilah bambu menunjukkan bahwa nilai modulus elastis lentur (MOE) yang diperoleh berada dalam kisaran 11.537 MPa hingga 15.739 MPa, dengan nilai rata-rata sebesar 13.521 MPa dan simpangan baku sebesar 1.480 MPa. Rentang nilai ini mencerminkan variasi kekakuan material akibat faktor-faktor seperti perbedaan dimensi benda uji, homogenitas bahan, serta kualitas proses laminasi. Secara umum, besaran MOE yang diperoleh pada penelitian ini



BAB VII

TEKUK GLOBAL PADA KOLOM BERPENAMPANG KOTAK

Beban Kritis Berdasarkan Pengujian

Sesuai dengan kelangsingannya kolom dibedakan menjadi tiga macam yaitu kolom pendek, kolom menengah, dan kolom panjang. Tabel 7.1 menyajikan hasil pengujian untuk ketiga macam kolom tersebut.

Tabel 7.1 Beban Kritis Kolom (Kg) Hasil Pengujian

Lebar penampang (a)(cm)		8,0	8,0	8,0	12,0	12,0	12,0	16,0	16,0	16,0
Tebal dinding (t) (cm)		1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5
Kelangsingan (λ)	10	19.550	28.600	31.675	38.000	53.500	64.000	47.900	66.800	88.400
	30	16.950	21.300	27.150	37.900	51.800	54.200	39.200	67.800	83.700
	50	17.500	22.000	26.500						
	70	14.040	16.380	19.305						
	90	13.104	13.806	14.285						
	110	10.062	12.051	12.285						

Kolom dengan rasio kelangsingan 10 dapat dikategorikan sebagai kolom pendek, di mana mekanisme kegagalannya lebih didominasi oleh

keterlampaian kapasitas material itu sendiri atau tegangan batas (ultimate stress) dibandingkan oleh fenomena tekuk (buckling). Hal ini terlihat dari hasil pengujian yang menunjukkan bahwa pada saat kolom mengalami beban maksimum, kegagalan ditandai oleh kerusakan material berupa retak dan pecah, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom pendek dengan kelangsingan rendah cenderung runtuh akibat ketidakmampuan material dalam menahan beban aksial yang diberikan.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa tegangan batas pada kolom dengan kelangsingan 10 berada dalam rentang 50,13 – 66,88 MPa, dengan nilai rerata sebesar 59,08 MPa dan standar deviasi 5,08 MPa. Nilai ini menunjukkan konsistensi performa kolom pendek, meskipun terdapat variasi antarspesimen, yang masih berada dalam kisaran wajar untuk pengujian material alami seperti bambu. Menariknya, rerata tegangan batas yang dicapai pada pengujian ini memiliki kedekatan dengan hasil penelitian terdahulu mengenai bambu petung laminasi oleh Setyo, dkk. (2013), yang melaporkan nilai rerata tegangan batas sebesar 53,40 MPa dengan standar deviasi 3,39 MPa. Kesamaan hasil ini memperkuat validitas data bahwa bambu laminasi, khususnya pada konfigurasi kolom pendek, memiliki perilaku material yang relatif seragam dalam menahan beban aksial hingga mencapai kondisi kegagalan.

Nilai tegangan batas yang diperoleh dari pengujian pada kolom pendek ini memiliki signifikansi penting karena digunakan sebagai dasar perhitungan untuk memprediksi beban kritis (critical load) pada kolom dengan kelangsingan lebih besar, yaitu kolom menengah dan kolom panjang. Dengan kata lain, karakteristik kegagalan yang diperoleh dari kolom pendek berperan sebagai parameter fundamental dalam mengembangkan model prediksi kapasitas aksial kolom dengan variasi kelangsingan yang lebih tinggi, di mana fenomena tekuk mulai berkontribusi terhadap mekanisme kegagalan selain keterlampaian tegangan batas material.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad and Kamke. 2005. "Bamboo as A Construction Material: Strength Analysis Of Parallel Strand Lumber From Calcutta Bamboo (*Dendrocalamus Strictus*).” *Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in Ecological and Sustainable Construction (IAC-NOCMAT 2005)*. Rio de Janeiro - Brazil, November 11 – 15th, 2005. P: 21—27.
- Aini, Morisco, dan Anita. 2009. "Pengaruh Pengawetan Terhadap Kekuatan Dan Keawetan Produk Laminasi Bambu.” *Forum Teknik Sipil*. XIX (1): 979—985.
- ASCE. 1996. *Standards for Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Engineering Wood Construction*, American Forest & Paper Association, ASCE, New York.
- ASTM. 2003. *Annual Book of ASTM Standards Volume 04.10: D 198-02 Standard Test Method of Statics Test of Lumber in Structural Sizes*. West Conshohocken, PA, USA.
- Boresi and Schmidt. 2003. *Advanced Mechanics of Materials*. John Wiley & Son, Inc. United States of America.
- BSN. 2013. *Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu, Standar Nasional Indonesia (SNI) 7973:2013*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Budi. Juli 2007. "Pengaruh Dimensi Bilah terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi Bambu Peting." *Media Teknik Sipil*, 85—92.
- Chu, Mohd, and Chong. 1992. "Strength of Plywood-Web Box Beam." *Journal of Tropical Forest Science*, 5(4): 492—511.
- Cibart and Inbar, tanpa tahun, *Bamboo Preservative Treatment (Boric acid-Borax Method)*, Center for Indian Bamboo Resource and Technology (CIBART) and International Network for Bamboo and Rattan (INBAR).
- Clarín. 2007. *Plate Buckling Resistance: Patch Loading of Longitudinally Stiffened webs and Local Buckling*, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Departement of Civil, Mining, and Environmental Engineering, Division of Structural Engineering-Steel Structures.
- Cook, Malkus, and Plesha. 1989. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, John Wiley and Sons, Inc, Canada.
- Correal and Arbeláez. 2010. "Influence of Age and Height Position on Colombian Guadua Angustifolia Bamboo Mechanical Properties." *Maderas Ciencia Y Tecnologia*, 12(2): 105—113.
- Correal, Ramirez, Gonzalez, and Camacho. 2010. "Structural Behavior of Glued Laminated Guadua Bamboo as A Construction Material." *Proceedings of World Conference on Timber Engineering*, 20th – 24th June. Trentino Italy.
- Dewi dan Dobana. 2007. *Stabilitas Bangunan Baja*. Malang: Bargie Media.
- Dyer. 1992. "Strength and Efficiency of Wood Box Columns." *Jurnal of structural Engineering*, 118(3): 716—722.
- EN 1993-1-5, 2006, *Eurocode 3-Design of Steel Structures-Part 1-5: Plated Structural Element*, CEN, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN338. 2009. *Structural Timber – Strength Classes*, European Committee for Standardization, Brussels.
- FAO. 2010. *Global Forest Resources Assessment 2010*. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

- Forest Product Laboratory. 2010. *Wood Handbook-Wood as an Engineering Material*. Forest Product Laboratory, USDA Forest Service, Madison, Wisconsin.
- Gere and Timoshenko. 1994. *Mechanic of Material, Third SI Edition*. Chapman and Hall. London.
- Ghavami. 2008. Bambo: Low Cost and Energy Saving Construction Material, Xiao, Y., Inoue, M., and Paude, S.K. (ed), *Proceeding of First International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS-2007)*, CRC Press, London, p. 5-21.
- Gunawan. Januari 2007. “Pengaruh Jenis Perekat terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi Galar dan Bilah Vertikal Bambu Petung.” *Media Teknik Sipil*, 13—20.
- Gunay and Orcan. 2007. “Experimental Investigation of The Mechanical Behavior of Solid and Tubular Wood Species Under Torsional Loading.” *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 31: 89—118.
- Gunay and Sonmez. 2003. “Mechanical Behavior of Wood Under Torsional and Tensile Loadings.” *G.U Journal of Science*, 16(4): 733—749.
- Gupta and Siller. 2005a. “Shear Strength of Structural Composite Lumber Using Torsion Test.” *Journal of Testing and Evaluation*, 33(2): 110—117.
- Gupta and Siller. 2005b. “Strees Distribution in Structural Composite Lumber Under Torsion.” *Forest Product Journal*, 55(2): 51—56.
- Gurel and Pekgokgoz. 2008. “An Approximate Torsion Analysis of Closed Moderately Thick-Walled, Thick Walled, and Solid Cross-Section.” *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 32: 277—287.
- Hanim, Zaidon, Abood, and Anwar. 2010. “Adhesion and Bonding Characteristics of Preservative-Treated Bamboo (*Gigantochloa Scortechinii*) Laminates.” *Journal of Applied Science*, 10(14): 1435—1441.

- Harries, Petrou, and Brooks. 2000. "Structural Characterization of Built-Up Timber Columns." *Journal of Architectural Engineering*, 6(2): 58—65.
- Hematiyan and Doostfatemeh. 2007. "Torsion of Moderately Thick Hollow Tubes with Polygonal Shapes." *Mechanics Research Communications*, 34: 528—537.
- Hisham, Othman, Rokiah, Latif, and Tamizi. 2006. "Caracterization of Moso Bamboo Gigantochloa Scortechinii at Different Age." *Journal of Tropical Forest Science*, 18(4): 236—242.
- INBAR. 2002. *Annual Report 2002*. International Network Bamboo and Rattan: Beijing.
- Iwata and Inagaki. 2006. "Durable Adhesive for Large Laminate Timber." *J. Adhesion Sci. Technol*, 20(7): 633—646.
- Janssen. 2000. Designing and Building with Bamboo, *Technical Report no. 20*. The International Network for Bambu and Rattan (INBAR), Beijing.
- Jimoh. December 2002. "Ultimate Strength design of Axially Loaded Opepe (*Nuclea diderrichii*) Timber Column." *Nigeria Journal of technological Development*, 2(1&2): 34—41.
- Jones. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Kamruzzaman, Bose, and Islam. 2008. "Effect of Age and Height on Physical and Mechanical Properties of Bamboo." *Journal of Tropical Forest Science*, 20(3): 211—217.
- Karyadi dan Susanto. 2010. "Uji Kapasitas Tekan Kolom Laminasi dari Bahan Kayu Sengon dan Bambu Petung sebagai Alternatif Pengganti Kayu Komersial." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil VI-2010*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Karyadi dan Suwarno. 2006. "Kajian Analitis dan Eksperimental Kekakuan dan Kekuatan Lentur Balok Laminasi dengan bahan kayu sengon dan Bambu Petung." *Jurnal Teknologi dan Kejuruan*, 29(2): 91—104.

- Karyadi, Dewi, and Soehardjono. 2013. "Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper Under Torsion." *IJERA*, 3(4): 1—5.
- Karyadi, Dewi, and Soehardjono. 2014. "A Comparison of Shear Strength of Box-Section Beam Made of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper Under Torsion and Transversal Load." *Procedia Engineering*, 95: 38—42.
- Khokhar, Zhang, and Ellis. 2010. "The Shear Strength and Failure Modes of Timber Joists Obtained from The Torsion Test Method." *Proceedings of World Conference on Timber Engineering*, 20th – 24th June. Trentino Italy.
- Kinzey. 1951. *Wood Box Column and Their Design*, Buletin of The Virginia Polytechnic Institute.
- Kroll, Fisher, and Heimerl, 1943. *Charts for Calculation of The Critical Stress for Local Instability of Columns with I-, Z-, Channel, and Rectangular-Tube Section*, Advanced Restricted Report 3K04, National Advisory Committee for Aeronautics.
- Lee, Bai, and Bangi. 1997. "Flexure properties of bamboo-reinforced Southern Pine OSB beams." *Forest Products Journal*. 47(6): 74—78.
- Lee, Xuesong, and Perry. 1994. "Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina." *Forest Product Journal*, 44(9): 40—46.
- Lobovikov, Paudel, Piazza, Ren, and Wu. 2007. *World Bamboo Resources: A Thematic Study Prepared in The Framework of The Global Forest Resources Assessment 2005*. Food and Agricultural Organization of The United Nation, Rome.
- Logan. 1992, *A First Course in Finite Element Method*, PWS-Kent Publishing Company, Boston.
- Malanit, Barbu, and Fruhwald. 2009. "The Gluability and Bonding Quality of An Asian Bamboo (Dendrocalamus Asper) for The Production

- of Composite Lumber.” *Journal of Tropical Forest Science*, 21(4): 361—368.
- Malanit. 2009. *The Suitability of Dendrocalamus Asper Becker for Oriented Strand Lumber*. A Thesis for The Degree of Doctor of Natural Science in Department of Biology Faculty of Mathematics, Information and Natural Science University Of Hamburg.
- Manuhuwa and Loi watu. 2010. “Mechanical and Physical Properties of the Laminated Board of Bamboo.” *The 2nd International Symposium of IWoRS, 12-13 November 2010*. Bali. Indonesia.
- Martawijaya dan Kartasujana. 1977. *Ciri Umum, Sifat, dan Kegunaan Jenis-Jenis Kayu Indonesia*. Publikasi Khusus. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Masdar, Morisco, dan Prayitno. 2011. *Pengaruh posisi sambungan terhadap keruntuhan lentur balok bambu laminasi*. www.fab.utm.my/download/ConferenceSemiar/ICCI2006S2PP04.pdf. diakses 2 Pebruari 2011.
- National Design Spesification (NDS), 2005, *Commentary National Design Spesification for Wood Construction ASD/LRFD*, American Forest & Paper association, Inc.
- NBR 7190-97. 1997. *Projeto de estruturas de Madeira, Associacao Brasileira de Normas Tecnicas*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Neubauer. 1972. “Strength of wooden box-column.” *Transaction of The ASAE*, 50(4): 710—713.
- Newlin and Gahagan. 1930. Test of Large Timber Columns and Presentations of The Forest Products Laboratory Column Formula, *Technical Bulletin No. 167 February 1930*, United States department of Agricultural Washington DC.
- Nishino, Ueda, and Tall. 1966. *Experimental Investigation of The Buckling of Plates with Residual Stress*, Fritz Engineering Laboratory Report

- No. 290.3, Fritz Engineering Laboratory, Departement of Civil Engineering, Lehigh University Bethlehem Pennsylvania.
- Olatunji and Longworth. 1983. *Ultimate Strength of Timber Beam-Column*, Structural Engineering Report No. 112 (Master of Science Thesis), Dept. of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada.
- Qisheng, Shenxue, and Yongyu. 2002. *Industrial Utilization on Bambu*. Technical Report no. 32. The International Network for Bambu and Rattan (INBAR), Beijing.
- Rajasekaran. 2003 *Finite Element Analisis in Engineering Design*, S. Chand & Company LTD, New Delhi.
- Rammer and Zahn. 1997. "Determination of Ylinen's Parameter for Parallel-Strand Lumber." *Journal of Structural Engineering*, 123(10): 1409—1414.
- Rhodes. 2002. "Buckling of Plates and Members-and Early Work on Rectangular tubes." *Thin-Walled Structures*, 40: 87—108.
- Riyanto dan Gupta. 1998. "A comparison of test methods for evaluating shear strength of structural lumber." *Forest Product Journal*, 48 (02): 83—92.
- Saefudin, Basri, and Hadjib. 2008. "Pengaruh umur, posisi batang, dan tingkat kekeringan terhadap sifat fisik dan kualitas pengeringan bambu andong." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(4): 289—298.
- Schafer. 2006. *Distortional Buckling of Cold-Formed Steel Column*, Committee on Specifications for The Design of Cold Formed Steel Structural Members, American Iron and Steel Institute.
- Setyo dan Sudibyo. 2005. "Balok Komposit (*Glulam*) Bambu-Keruing pada Lantai Beton." *Media Teknik Sipil*, 47—54.
- Setyo, Satyarno, Sulisty, dan Prayitno. 2013. Kuat tekan dan angka poisson bambu petung laminasi. Prosiding konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KonTeks 7) Universitas Sebelas Maret (UNS)-Surakarta, 24-26 Oktober 2013. p.M-97 – M-103.

- Shao, ZP., Zhou, L., Liu, YM., Wu, ZM., and Arnaud, C. 2010. Differences in structure and strength between internode and node section of Moso Bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*, **22**(2). p. 133-138.
- SNI. 1991. *Kayu untuk Bangunan Rumah dan Gedung, Spesifikasi Ukuran, SNI 03-2445-1991*. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Sulastiningsih and Nurwati. 2009. "Physical And Mechanical Properties Of Laminated Bamboo Board." *Journal of Tropical Forest Science* 21(3): 246—251.
- Sumiati. 2006. "Pengaruh Jenis Sambungan balok Laminasi Bambu Wulung terhadap Keruntuhan." *Jurnal P & PT*, IV(1): 153—163.
- Suprpti. 2010. "Decay Resistance of Five Indonesian Bamboo Species Again Fungi." *Journal of Tropical Forest Science*, 22(3): 287—294.
- Suranto. 1992. "Pengaruh Umur dan Posisi Vertikal Batang terhadap Beberapa Sifat Mekanika Bambu Apus (*Gigantochloa Apus Kurz*)."
Bulletin Fakultas Kehutanan-UGM, (22): 67—84.
- Suryana, Massijaya, Hadi, dan hermawan. 2011. "Sifat-Sifat dasar Bamboo Lapis (Fundamental properties of Ply Bamboo)." *Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 9(2):153—165.
- Talabgaew and Laemlaksakul. 2007. "experimental studies on the mechanical property of laminated bamboo in Thailand." *International Journal of Engineering and Natural Science*. 1(4): 189—193.
- Ugural. 1981. *Stresses in Plates and Shells*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Widodo, Panunggal, Widjaja, Rasyid, dan Soegiono. Agustus 2007. "Effect of Bamboo Node for Construction Application. IPTEK." *The Journal for Technology and Science*. 18(3): 96—102.
- Wong. 2004. *Bamboo The Amazing Grass: A Guide a Diversity and Study of Bamboos in Southest Asia*. International Plant Genetic Resources Institut (IPGRI) and University of Malaya.

- Xiao, Chen, Shan, and She. 2010b. "Two-by-four house construction using laminated bamboos." *Proceeding of Wood Conference of Timber Engineering*.
- Xiao, Zhou, and Shan. 2010a. "Design and construction of Modern Bamboo bridge." *Journal of Bridge Engineering*, 15(5): 533—541.
- Ylinen. 1956. "A Method of Determining The Buckling Stress and The Required Cross-Sectional Area for Centrally Loaded Straight Column in Elastic and Inelastic Range." *IABSE Publication*, Vol. 16.
- Yoo and Lee. 2011, *Stability of Structures: Principles and Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Yu, Jiang, Hse, and Shupe. 2008. "Selected Physical and Mechanical properties of Moso Bamboo (*Phyllostachys Pubescens*)." *Journal of Tropical Forest Science*, 20(4): 258—263.
- Yuming and Chaomao. 2010. *China's Bamboo, Culture / Resources / Cultivation / Utilization*, International Network for Bamboo and Rattan, Published by the International Network for Bamboo and Rattan Published by the International Network for Bamboo and tan
- Zahn and Rammer. 1995. "Design of Glue Laminted Timber Columns." *Journal of Structural Engineering*, 121(12): 1789—1794.
- Zhou and Bian. 2014. "Experimental Study on the Flexural Performance of Parallel Strand Bamboo Beams." *The Scientific World Journal*, hal: 1—6 .
- Ziemian 2010. *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures*. New Jersey: sixth edition, John Wiley & Sons, Inc.



PROFIL PENULIS

Prof. Dr. Karyadi, M.P., M.T. lahir di Jombang pada tanggal 12 Maret 1961. Menyelesaikan S1 Pendidikan Teknik Bangunan di IKIP Malang tahun 1985, S2 Teknik Sipil-Struktur di UGM Yogyakarta tahun 2002, S3 Teknik Sipil-Struktur di UB Malang tahun 2015. Beliau menjadi dosen di Universitas Negeri Malang (dh. IKIP Malang) mulai tahun 1987 sampai sekarang dan dikukuhkan menjadi Guru Besar di UM dengan kepakaran Struktur Bambu Laminasi pada tahun 2024.

Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS., (Adjunct Professor) lahir di Bukittinggi pada tanggal 11 Desember 1951. Menyelesaikan S1 Teknik Sipil di ITB tahun 1975, S2 Teknik Sipil-Struktur di ITB tahun 1991, S3 Teknik Sipil-Struktur di ITS tahun 2005. Beliau menjadi dosen UB Malang mulai tahun 1980 sampai sekarang dan dikukuhkan menjadi Guru Besar di UB Malang dengan kepakaran Ilmu Konstruksi pada tahun 2006.

Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono M.D, MS., lahir di Surakarta pada tanggal 12 April 1956. Menyelesaikan S1 Teknik Sipil di ITB tahun 1981, S2 Teknik Sipil-Struktur di ITB tahun 1993, S3 Teknik Sipil-Struktur di ITS Surabaya tahun 2006. Beliau menjadi dosen UB Malang mulai tahun 1983 sampai sekarang dan dikukuhkan menjadi Guru Besar di UB Malang dengan kepakaran Ilmu Struktur Baja/Beton pada tahun 2006.

Kekuatan Kolom Berpenampang Kotak

dari Laminasi Bilah
Bambu Petung



Bambu, jika ditinjau dari sudut pandang kajian taksonomi, merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang termasuk dalam subfamili Bambusoideae, yang berada di bawah naungan famili Gramineae (Poaceae), yaitu kelompok tumbuhan berumput, yang selanjutnya diklasifikasikan dalam ordo Graminales, bagian dari kelas Monocotyledons (tumbuhan monokotil), yang termasuk dalam subfilum Angiosperms (tumbuhan berbunga berbiji tertutup), serta tergolong dalam filum Spermatophyta (tumbuhan berbiji) (Qisheng dkk., 2002). Secara global, keberagaman bambu sangat tinggi, dengan jumlah mencapai sekitar 70–80 genus dan lebih dari 1.000 spesies yang tersebar di berbagai wilayah dunia. Distribusi paling dominan terdapat di kawasan Asia-Pasifik, yang mencakup sekitar 40–50 genus dengan total 900 spesies, sehingga menjadikan wilayah tersebut sebagai pusat keragaman bambu dunia (Yuming & Chaomao, 2010).

Ketersediaan bambu di dunia menunjukkan potensi yang sangat besar, baik dari segi luas areal maupun distribusinya di berbagai benua. Secara global, luas hutan bambu diperkirakan mencapai 37 juta hektare, dengan sebaran utama berada di kawasan Asia yang mendominasi sekitar 24 juta hektare, kemudian disusul oleh kawasan Amerika Latin dengan luasan lebih dari 10 juta hektare, serta kawasan Afrika yang memiliki sekitar 2,8 juta hektare areal hutan bambu. Di tingkat nasional, Indonesia sebagai salah satu negara tropis yang kaya akan biodiversitas, memiliki hutan bambu seluas kurang lebih 2 juta hektare, sehingga menempatkannya sebagai salah satu negara dengan sumber daya bambu yang melimpah (Lobovikov dkk., 2007).



✉ literasinusantaraofficial@gmail.com
🌐 www.penerbitlitnus.co.id
📖 Literasi Nusantara
📞 literasinusantara_
📞 095755971589

Pendidikan

+17

