M. Agphin Ramadhan, M.Pd.

Struktur Kayu

Jilid I

STRUKTUR KAYU

M. AGPHIN RAMADHAN, M.Pd.

STRUKTUR KAYU

M. AGPHIN RAMADHAN, M.Pd.

Editor:
Ulfa Nur Halizah

Desainer:
Mifta Ardila

Sumber:
www.insancendekiamandiri.com

Penata Letak:
Ulfa Nur Halizah

Proofreader:
TIM ICM

Ukuran:
vi, 82 hlm., 20x29,7 cm

ISBN:
978-623-348-352-0

Cetakan Pertama:
September 2021

Hak Cipta 2021, pada **M. AGPHIN RAMADHAN, M.Pd.**

Isi di luar tanggung jawab penerbitan dan percetakan

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Anggota IKAPI: 020/SBA/20
PENERBIT INSAN CENDEKIA MANDIRI
(Grup Penerbitan CV Insan Cendekia Mandiri)

Perumahan Gardena Maisa 2, Blok F03, Koto Baru, Kecamatan Kubung,
Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat – Indonesia 27361
HP/WA: 0813-7272-5118
Website: www.insancendekiamandiri.co.id
www.insancendekiamandiri.com
E-mail: penerbitbic@gmail.com

Daftar Isi

PRAKATA	 vi
BAB 1	Konsep Kayu Sebagai Bahan Bangunan 1
BAB 2	Perkembangan Teknologi Kayu 21
BAB 3	Desain Konstruksi Kayu 33
DAFTAR SIMBOL	 81
PROFIL PENULIS	 82

Prakata

Puji serta syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat dan karunia-Nya buku Struktur Kayu Jilid I ini dapat tersusun. Semoga buku ini mampu membawa manfaat bagi pembaca, khususnya untuk mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta. Mata kuliah Struktur Kayu adalah mata kuliah yang berfokus pada pengenalan sifat-sifat kayu sebagai bahan bangunan, kekuatan kayu, jenis-jenis sambungan kayu, peraturan konstruksi kayu di Indonesia, batang tarik dan lentur, serta perhitungan dasar konstruksi kayu berdasarkan PKKI 1961 dan SNI 7973:2013.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengembangan modul Struktur Kayu ini. Semoga dengan adanya modul ini dapat memudahkan dalam proses pembelajaran, serta memberikan pandangan serta wawasan baru bagi pembaca.

M. Agphin Ramadhan, M.Pd.

KONSEP KAYU SEBAGAI BAHAN BANGUNAN

Alam di Indonesia diberkahi dengan sumber daya yang melimpah sejak dahulu kala. Terlebih Indonesia disebut sebagai salah satu paru-paru dunia karena keberadaan hutan di Indonesia sangat luas. Tentu saja keberadaan hutan yang luas ini dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup, termasuk kebutuhan papan (tempat tinggal). Sejak zaman dahulu masyarakat sudah menggunakan kayu sebagai bahan untuk membangun rumah, namun tentu saja rumah yang dibuat hanya rumah sederhana dan tanpa menggunakan perhitungan yang kompleks. Sebagai contoh, apakah kalian ingat dengan rumah adat Papua? Tepat sekali, rumah honai.

Gambar 1.1. Rumah at Papua (Honai)

Sumber : *triptrus.com*

Rumah honai merupakan rumah adat Papua yang memanfaatkan kayu sebagai penyusunnya. Meskipun terlihat mungil, faktanya rumah honai terdiri dari dua lantai. Lantai satu difungsikan sebagai ruang untuk bersantai, sedangkan lantai dua difungsikan untuk ruang tidur. Bagian tengah rumah honai terdapat kayu besi sebagai penyanggah utama, kayu papan kasar untuk bagian dinding, dan penutup atap terbuat dari rumbia/jerami (Tabuni, 2020). Rumah honai adalah salah satu contoh dari sekian banyak rumah adat di Indonesia yang menggunakan kayu sebagai bahan penyusun utamanya.

Rumah tradisional asal Kalimantan Selatan berbentuk panggung, tersusun dari kayu ulin atau kayu besi. Kayu ulin digunakan karena memiliki kekuatan yang besar dan terkenal awet. Kayu ulin pada rumah Banjar digunakan sebagai penyusun dinding, lantai, dan atap. Pada bagian pondasi rumah, digunakan kayu galam yang tahan terhadap air dan pelapukan. Atap pada rumah Banjar ini dibuat dengan kemiringan mencapai 45 derajat karena curah hujan yang tinggi. Selain itu, atap yang tinggi ini juga berfungsi sebagai pengatur suhu agar pada malam hari udara lebih hangat karena panas yang disimpan pada siang hari. Bagian penutup atau dibuat dari sirap lebih dari satu lapis untuk menahan curah hujan.

Gambar 1.2 Rumah Banjar
Sumber: (Utami, 2021)

1.1 Jenis-Jenis Kayu Untuk Konstruksi dan Furnitur.

Kayu memang sudah dimanfaatkan dalam pembuatan rumah sejak zaman dahulu. Keunikan dari sifat kayu yang membuat kayu seringkali dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan rumah, furnitur, perkakas, dan dekorasi. Keunikan sifat kayu berasal dari komponen penyusunnya, yaitu lignin, selulosa, hemi-selulosa, dan sel lainnya (kurang dari 10%). Perbedaan jumlah komponen penyusun antara satu dengan lainnya membuat kayu menjadi berat atau ringan, kaku atau lentur, serta keras atau lembut. Perbedaan sifat kayu tersebut yang membuat setiap jenis kayu berbeda penggunaannya. Jika kayu memiliki

FACTS!

Setiap tanggal 10 Januari diperingati sebagai Hari Gerakan Satu Juta Pohon. Gerakan ini dicanangkan oleh presiden Soeharto pada tahun 1993 sebagai kepedulian beliau terhadap hutan di Indonesia.

kekuatan yang tinggi, maka kayu tersebut dapat digunakan untuk komponen struktur bangunan. Apabila sebaliknya maka kayu tersebut digunakan untuk dekorasi dan furnitur. Meskipun ada juga furnitur yang menggunakan kayu dengan kekuatan tinggi seperti kayu jati, namun hal tersebut juga akan berpengaruh pada harga jual dari furnitur tersebut.

Berikut adalah jenis-jenis kayu yang kerap digunakan untuk konstruksi dan furnitur menurut (Pranata & Suryoatmono, 2019):

1. Kayu Jati

Kayu jati memang terkenal dengan kekuatan dan *durability*-nya. Kayu ini berasal dari pohon jati yang dapat dijumpai di kawasan hutan hujan tropis. Pohon jati dapat tumbuh hingga 30-40 meter. Adapun karakteristik dari kayu jati adalah sebagai berikut:

- a. Kuat dan awet
- b. Berwarna coklat muda dan coklat tua
- c. Mudah untuk dipotong sehingga dapat dimanfaatkan untuk banyak produk
- d. Kokoh dan memiliki bobot yang besar
- e. Tahan terhadap perubahan cuaca.

Gambar 1.3. (a) Pohon Jati
Sumber: *Mebelmara.com*

Gambar 1.3. (b) Kayu Jati
Sumber: *Foresteract*

Penggunaan kayu jati pada struktur bangunan seringkali dijumpai pada bantalan lintasan kereta api, konstruksi atap, dan konstruksi jembatan. Selain itu, kayu jati memiliki warna dan corak yang indah, sehingga seringkali digunakan sebagai bahan furnitur seperti daun pintu, kursi, lemari, meja, dan mebel lainnya. Selain itu kayu jati juga tahan terhadap rayap dan jamur sehingga dijamin keawetannya.

2. Kayu Kamper

Kayu kamper atau yang dikenal juga dengan kayu borneo banyak dijumpai di hutan Kalimantan. Kayu ini memiliki serat dan warna yang indah, sehingga sering digunakan untuk material kusen pintu dan jendela. Selain itu, aroma kayu ini tidak disukai oleh serangga sehingga membuat kayu ini tidak mudah keropos akibat rayap dan cocok dijadikan sebagai furnitur, meskipun tidak sekuat kayu jati.

Gambar 1.4 Kayu Kamper

Sumber: 99.co

Kayu kamper ini mengalami akan perubahan bentuk (melengkung) apabila diberi beban yang berlebih, sehingga kurang cocok untuk dijadikan elemen struktur bangunan. Saat ini kayu kamper sudah menjadi salah satu komoditi penting yang menyangga perekonomian masyarakat dan tersebar merata hampir di seluruh Indonesia.

3. Kayu Kelapa atau Glugu

Kayu yang tersebar di pulau Jawa ini memiliki tekstur dan serat yang berbeda dari kayu lainnya karena memiliki serat yang lurus dan indah. Oleh karena itu, kayu ini seringkali digunakan untuk membuat furnitur karena keindahan seratnya. Kayu glugu terkenal memiliki struktur yang keras dan kuat, sehingga kayu glugu ini juga seringkali digunakan untuk

membuat rangka kuda-kuda dan kanopi rumah. Selain itu, kayu ini juga dapat digunakan sebagai bekisting balok.

Gambar 1.5 Serat Kayu Glugu

Sumber: Arafuru

Dibalik keindahan serat dari kayu glugu, ternyata terdapat kelemahan dari kayu glugu sendiri yaitu mudah rusak apabila terkena air. Struktur kayu yang keras akan perlahan melapuk dan kemudian hancur. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk meletakkan kayu ini di tempat yang terhindar dari genangan air.

4. Kayu Merbau

Kayu merbau atau yang kita kenal juga dengan kayu besi mudah dijumpai di kawasan Maluku dan Papua Barat. Selain itu kayu ini juga dapat dijumpai di kawasan Sulawesi dan Kalimantan. Populasi dari kayu merbau ini sangat melimpah jadi tidak terancam punah. Namun tetap saja jika dilakukan eksploitasi besar-besaran dapat mengancam populasi dari kayu ini.

Gambar 1.6 Kayu Merbau

Sumber: <https://courtina.id/kayu-merbau/>

9. Faktor Kekakuan Tekuk (C_T)

Nilai desain acuan pada modulus elastisitas untuk stabilitas kolom dan balok (E_{min}) dikalikan dengan faktor kekakuan tekuk (C_T) = 1.

10. Faktor Luas Tumpu (C_b)

Nilai desain tekan tegak lurus ($F_{c\perp}$) berlaku untuk tumpuan dengan panjang 152 mm atau lebih. Untuk tumpuan yang kurang dari 152 mm, dan jarak yang kurang dari 76 mm ke ujung komponen struktur, maka nilai $F_{c\perp}$ harus dikalikan dengan faktor luas tumpu (C_b) berikut.

$$C_b = \frac{lb + 9,53}{lb}$$

Keterangan:

lb = panjang tumpu sejajar serat (mm).

Tabel 3.11 Faktor Luas Tumpu (C_b)

lb (mm)	13	25	38	51	76	102	≥ 152
C_b	1,75	1,38	1,25	1,19	1,13	1,10	1,00

11. Faktor Konversi Format (K_F)

Pada perencanaan struktur kayu, faktor konversi format (K_F) digunakan untuk mengkonversi nilai desain acuan dari nilai desain tegangan izin (ASD) ke dalam LRFD. Pada desain struktur menggunakan metode LRFD, maka nilai desain acuan harus dikalikan dengan faktor konversi format.

Tabel 3.12 Faktor Konversi Format

Properti	K_F
F_b	2,54
F_t	2,70
F_v	2,88
F_c	2,40
$F_{c\perp}$	1,67
E_{min}	1,76

12. Faktor Ketahanan (ϕ)

Tabel 3.16 Panjang Tekuk Kolom

Sifat Ujung Batang	Panjang Tekuk (Itk)
Jepit - sendi	$\frac{1}{2} \cdot l \cdot \sqrt{2}$
Jepit - bebas	$2 \cdot l$
Sendi - sendi	l
Konstruksi rangka	l
Jepit-jepit	$\frac{1}{2} \cdot l$

Berikut adalah faktor tekuk menurut Daftar III PKKI 1961

Tabel 3.17 Faktor Tekuk

DAFTAR III PKKI 1961

Faktor Tekuk dan Tegangan Tekuk yang Diperkenankan

λ	Faktor Tekuk ω	Tegangan Tekuk yang Diperkenankan dengan Kelas Kuat			
		I kg/cm ²	II kg/cm ²	III kg/cm ²	IV kg/cm ²
1	2	3	4	5	6
0	1,00	130	85	60	45
1	1,01	129	84	60	45
2	1,01	128	84	59	45
3	1,02	127	83	59	44
4	1,03	126	83	58	44
5	1,03	126	82	58	44
6	1,04	125	82	58	43
7	1,05	124	81	57	43
8	1,06	123	80	57	43
9	1,06	122	80	57	43
10	1,07	121	79	56	42

$$\begin{aligned}
C_L &= \text{Dicari} \\
C_{fu} &= 1,0 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.9}) \\
C_r &= 1,0 \\
K_F &= 2,4 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.12}) \\
\phi_C &= 0,9 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.13}) \\
\lambda &= 0,8 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.14})
\end{aligned}$$

Mencari nilai rasio kelangsingan (R_B)

$$R_B = \sqrt{\frac{Le \times d}{b^2}}$$

$$\frac{Lu}{d} = \frac{5000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 25 \text{ mm}; \text{ jika } \frac{Lu}{d} > 7 \text{ maka:}$$

$$le = 1,63 lu + 3d = 1,63 \times 5000 + 3 \times 200 = 8750 \text{ mm}$$

$$R_B = \sqrt{\frac{Le}{b^2}} = \sqrt{\frac{8750 \times 200}{80^2}} = 16,5 <$$

50 ~ (**memenuhi syarat kelangsingan**)

Modulus elastisitas terkoreksi

$$E_{min}' = E_{min} \times C_M \times C_t \times C_i \times C_T \times K_F \times \phi_C \times \lambda$$

$$E_{min}' = 9500 \times 0,9 \times 1 \times 0,95 \times 1 \times 1,76 \times 0,85$$

$$E_{min}' = 12151 \text{ Mpa}$$

Menghitung desain tekuk kritis

$$F_{BE} = \frac{1,20 \times E_{min}'}{R_B^2} = \frac{1,20 \times 12151}{16,5^2} = 53,56 \text{ Mpa}$$

Menghitung nilai desain acuan lentur (Fb^*)

$$Fb^* = Fb \times C_M \times C_t \times C_F \times C_i \times C_r \times K_F \times \phi_C \times \lambda$$

$$Fb^* = 18,53 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 2,54 \times 0,85 \times 0,8$$

$$Fb^* = 16,3 \text{ Mpa}$$

Menghitung stabilitas balok (C_L)

$$C_L = \frac{1 + (F_{bE}/Fb^*)}{1,9} - \sqrt{\left[\frac{1 + (F_{bE}/Fb^*)}{1,9} \right]^2 - \frac{(F_{bE}/Fb^*)}{0,95}}$$

$$C_L = \frac{1 + (53,56/16,3)}{1,9} - \sqrt{\left[\frac{1 + (53,56/16,3)}{1,9} \right]^2 - \frac{(53,56/16,3)}{0,95}}$$

$$C_L = 0,98$$

Kuat lentur terkoreksi (Fb')

$$Fb' = Fb \times C_M \times C_t \times C_F \times C_i \times C_L \times C_{fu} \times C_r \times K_F \times \phi_b \times \lambda$$

$$Fb' = 18,5 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 0,98 \times 1 \times 1 \times 2,54 \times 0,85 \times 0,8$$

$$Fb' = 18,13 \text{ Mpa}$$

Tahanan lentur terkoreksi (M')

$$M' = Fb' \times S_x = 18,13 \times 533333 = 9669327 \text{ Nmm} \sim 9,67 \text{ kN.m}$$

$$M' \geq Mu$$

$$9,67 > 7 \text{ kN.m} \sim \text{OK}$$

Maka balok memenuhi syarat kekuatan lentur

Kontrol gaya geser

Nilai desain acuan geser (F_v) = 2,18 Mpa

Gaya geser maksimum:

$$V_U = \frac{1}{2} \times qu \times L = \frac{1}{2} \times 2,24 \times 5 = 5,6 \text{ kN}$$

Faktor koreksi batang geser:

$$C_M = 0,97 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.7})$$

$$C_t = 1 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.8})$$

$$C_i = 0,8 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.10})$$

$$K_F = 2,88 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.12})$$

$$\phi_v = 0,75 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.13})$$

$$\lambda = 0,8 \dots\dots\dots (\text{Tabel 3.14})$$

Kuat geser terkoreksi

$$Fv' = Fv \times C_M \times C_t \times C_i \times K_F \times \phi_v \times \lambda$$

$$Fv' = 2,18 \times 0,97 \times 1 \times 0,8 \times 2,88 \times 0,75 \times 0,8$$

$$Fv' = 2,19 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser terkoreksi

$$V' = Fv' \times \frac{2}{3} \times b \times d$$

$$V' = 2,19 \times \frac{2}{3} \times 80 \times 200$$

$$V' = 23385 \text{ N} \sim 23,4 \text{ kN}$$

$$V' \geq Vu$$

$$23,4 > 5,6 \text{ kN} \sim \text{OK}$$

Daftar Pustaka

- Abdurrahman, & Roliadi, H. 2010. Pemanfaatan Kayu Manis (*Cinnamomun burmanii*) Berdiameter Kecil untuk Balok I-joist sebagai Bahan Konstruksi (Utilization of Small-Diameter Cinammon Logs for I-joist Beam as Construction Material). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*. 8(2): 177–187.
- Anonim. 1961. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, PKKI 1961*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Awaludin, A., & Irawati, I. S. 2009. *Konstruksi Kayu* (Cetakan Ke 2). Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil UGM.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 7973:2013, Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Badan Standarisasi Nasional.
- Christian P. Tabuni, 2020. Kajian Struktur Rumah Tradisional Papua (Honai). *Jurnal Lani Papua*. 1(1).
- Firdausy, A. I., Waluyohadi, I., & Arifi, E. 2020. *Desain Struktur Kayu Dengan Metode LRFD* (Cetakan Pe). Malang: UB Press.
- ForLius, A., Diba, F., & Sisillia, L. 2017. Dampak Pengasapan Kayu Terhadap Sifat Fisik Kayu Akasia (*Acacia Mangium Willd*) dan Kayu Laban (*Vitex pubescens vahl*). *Jurnal Hutan Lestari*. 5(2): 508–513.
- Frick, H. 2003. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu* (Cetakan ke 18). Yogyakarta: Kanisius.
- Hernadi, A., Prasetya, N. A., & Aidil, R. 2017. Analisis Kuat Tarik Kayu Menggunakan PKKNI 1961 dan SNI 7973:2013. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*. 1(2): 63.
- Lensufiie, T. 2008. *Mengenal Konstruksi Kayu Untuk Furniture & Bangunan*. Jakarta: Esensi.

Profil Penulis

M. Agphin Ramadhan, M.Pd. S1 Pendidikan Teknik Bangunan FT UNJ (2008–2012) dan S2 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Konsentrasi Teknik Sipil UNY (2013–2015). Lebih dari 5 tahun bergelut di dunia kependidikan dan Teknik Sipil. Pada dunia pendidikan, saat ini aktif sebagai dosen di prodi Pendidikan Teknik Bangunan FT UNJ. Mata kuliah yang diampu, yaitu: Struktur Kayu, Teori dan Praktik Plumbing, dan Manajemen Pendidikan Vokasi. Selain itu pernah berperan sebagai supervisor di sebuah lembaga pendidikan. Pada dunia Teknik Sipil, tahun 2012 pernah bekerja sebagai QS di salah satu perusahaan kontraktor di Jakarta. Tahun 2016–2018 melalui kerja sama dengan kampus, bertugas sebagai verifikator penilai bangunan pada bantuan pemerintah di Direktorat PSD dan PSMP, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Struktur Kayu

Kebutuhan kayu pada dewasa ini semakin berkembang dan memiliki peminatnya tersendiri. Keindahan warna dan coraknya yang beragam dipercaya memberikan ketenangan karena membuat interior lebih terkesan natural. Selain coraknya yang beragam, kekuatan kayu juga beragam dan digolongkan berdasarkan kelas kuat dan kelas awetnya. Oleh karena itu, kayu juga dapat digunakan untuk material struktur untuk bangunan.

Buku ini memaparkan tentang dasar-dasar pengetahuan terkait kayu, terutama kayu yang digunakan untuk bangunan dan furnitur, seperti sifat-sifat kayu, kelas kuat dan kelas awet kayu, pengolahan dan pemilahan kayu, serta perencanaan desain kayu berdasarkan cara *Allowable Stress Design* (ASD) dan *Load Resistance Factor Design* (LRFD) yang mengacu pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 dan SNI 7973:2013. Buku ini dilengkapi dengan gambar, contoh soal dan penyelesaiannya, serta tes formatif untuk menguji pemahaman terhadap materi yang dipelajari. Selain itu, buku ini dilengkapi dengan *QR code* yang dapat dipindai dengan perangkat masing-masing untuk memudahkan pembaca dalam memahami materi. Melalui buku Struktur Kayu Jilid I ini diharapkan dapat memberikan pandangan, pengetahuan, serta pemahaman yang baru kepada pembaca terkait penggunaan kayu saat ini.

Penerbit Insan Cendekia Mandiri
Perumahan Gardena Maisa 2 Blok F03, Koto Baru,
Kec. Kubung, Solok
Email : penerbitbic@gmail.com
Website : www.insancendekiamandiri.co.id

IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA