

# STRUKTUR KAYU

---

Penulis:

Erniati Bachtiar  
Iis Roin Widiati  
Fahmy Rinanda Saputri  
Hamzah Al Imran  
Nenny  
Hasmar Halim  
Rahmani Kadarningsih  
Dani Nugroho Saputro  
Muhammad Syarif  
Indra Komara  
Erny

# **STRUKTUR KAYU**

**Erniati Bachtiar  
Iis Roin Widiati  
Fahmy Rinanda Saputri  
Hamzah Al Imran  
Nenny  
Hasmar Halim  
Rahmani Kadarningsih  
Dani Nugroho Saputro  
Muhammad Syarif  
Indra Komara  
Erny**



**GETPRESS INDONESIA**

# **STRUKTUR KAYU**

## **Penulis :**

Erniati Bachtiar  
Iis Roin Widiati  
Fahmy Rinanda Saputri  
Hamzah Al Imran  
Nenny  
Hasmar Halim  
Rahmani Kadarningsih  
Dani Nugroho Saputro  
Muhammad Syarif  
Indra Komara  
Erny

**ISBN : 978-623-198-572-9**

**Editor :** Yuliatrini Novita, M.Hum.

Dede Ahsani Aulia, S.T.

**Penyunting:** Mila Sari, M.Si.

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

**Penerbit :** CV GETPRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah  
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)  
email: [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, 8 Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk  
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Struktur Kayu dapat diselesaikan dengan baik atas kerjasama tim penulis. Buku ini berisikan tentang pengantar dan perkembangan teknologi kayu, sel-sel pembentuk kayu, struktur tampang melintang kayu, sifat fisis kayu, sifat higroskopis kayu, sifat mekanik kayu, tegangan izin tekan kayu, tegangan izin tarik kayu, faktor yang mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu, implementasi struktur kayu pada konstruksi, serta sambungan kayu dengan alat sambung paku dan baut.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, 8 Agustus 2023  
Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                  | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                       | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                   | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                     | <b>vii</b> |
| <b>BAB 1 PENGANTAR DAN PERKEMBANGAN TEKNOLOGI KAYU .....</b> | <b>1</b>   |
| 1.1 Pendahuluan .....                                        | 1          |
| 1.2 Perkembangan dan Pemanfaatan Kayu .....                  | 4          |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                   | <b>11</b>  |
| <b>BAB 2 SEL-SEL PEMBENTUK KAYU.....</b>                     | <b>13</b>  |
| 2.1 Pendahuluan .....                                        | 13         |
| 2.2 Sifat-sifat anatomi kayu .....                           | 14         |
| 2.3 Struktur Mikroskopis Kayu .....                          | 21         |
| 2.3.1 Sel-sel Pembentuk Kayu .....                           | 22         |
| 2.3.2 Ultrastruktur Dinding Sel.....                         | 24         |
| 2.3.3 Jaringan Reaksi .....                                  | 25         |
| 2.3.4 Unsur Fungsional Sistem Pengangkutan.....              | 26         |
| 2.4 Komponen Kimia yang menyusun sel kayu .....              | 27         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                   | <b>35</b>  |
| <b>BAB 3 STRUKTUR TAMPANG MELINTANG KAYU .....</b>           | <b>37</b>  |
| 3.1 Pendahuluan .....                                        | 37         |
| 3.2 Bagian Kayu berdasarkan Potongan Melintang .....         | 39         |
| 3.3 Anatomi Kayu .....                                       | 47         |
| 3.4 Pola Serat Kayu .....                                    | 50         |
| 3.5 Lingkaran Tahunan .....                                  | 51         |
| 3.6 Jenis Kayu.....                                          | 55         |
| 3.7 Sifat Fisik dan Mekanik Kayu .....                       | 58         |
| 3.7.1 Sifat Fisik Kayu .....                                 | 59         |
| 3.7.2 Sifat Mekanik Kayu .....                               | 61         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                   | <b>67</b>  |
| <b>BAB 4 SIFAT FISIS KAYU .....</b>                          | <b>69</b>  |
| 4.1 Pendahuluan .....                                        | 69         |
| 4.2 Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ).....             | 70         |
| 4.3 Kadar Air ( <i>Moisture Content</i> ) .....              | 71         |
| 4.4 Warna Kayu .....                                         | 72         |
| 4.5 Keawetan Kayu .....                                      | 79         |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 4.6 Serat.....                                      | 80         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                          | <b>82</b>  |
| <b>BAB 5 SIFAT HIGROSKOPIS KAYU .....</b>           | <b>85</b>  |
| 5.1 Pendahuluan.....                                | 85         |
| 5.2 Kadar Lengas Kayu.....                          | 87         |
| 5.3 Perubahan Dimensi kayu .....                    | 89         |
| 5.4 Hubungan Berat Jenis dengan Higroskopis .....   | 91         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                          | <b>96</b>  |
| <b>BAB 6 SIFAT MEKANIK KAYU .....</b>               | <b>97</b>  |
| 6.1 Pendahuluan.....                                | 97         |
| 6.2 Struktur Kayu .....                             | 98         |
| 6.3 Penggolongan Kekuatan Kayu .....                | 99         |
| 6.3.1 Klasifikasi Mutu Kayu .....                   | 100        |
| 6.3.2 Klasifikasi Kekuatan kayu.....                | 101        |
| 6.3.3 Klasifikasi Keawetan kayu .....               | 102        |
| 6.4 Sifat-sifat Mekanis Kayu .....                  | 103        |
| 6.4.1 Kuat Tarik .....                              | 103        |
| 6.4.2 Kuat Tekan.....                               | 104        |
| 6.4.3 Kuat Geser.....                               | 105        |
| 6.4.4 Kuat Lentur.....                              | 106        |
| 6.4.5 Kuat Puntir .....                             | 107        |
| 6.4.6 Kuat Belah.....                               | 107        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                          | <b>108</b> |
| <b>BAB 7 TEGANGAN IZIN TEKAN KAYU .....</b>         | <b>109</b> |
| 7.1 Komponen Struktur Tekan.....                    | 109        |
| 7.1.1. Kolom kayu masif.....                        | 109        |
| 7.1.2 Faktor stabilitas kolom .....                 | 110        |
| 7.1.3. Kolom berspasi .....                         | 116        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                          | <b>131</b> |
| <b>BAB 8 TEGANGAN IZIN TARIK KAYU .....</b>         | <b>133</b> |
| 8.1 Pendahuluan.....                                | 133        |
| 8.2 Kekuatan Tarik ( <i>Tensile strength</i> )..... | 134        |
| 8.3 Standar Pengujian Kuat Tarik .....              | 134        |
| 8.4 Perencanaan Batang Tarik .....                  | 136        |
| 8.5 Nilai Desain untuk Komponen Struktur Tarik..... | 137        |
| 8.5.1 Modulus Elastisitas Acuan .....               | 139        |
| 8.5.2 Faktor Layan Basah, $C_M$ .....               | 142        |

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| 8.5.3 Faktor Temperatur, $C_t$ .....                           | 142        |
| 8.5.4 Faktor Ukuran, $C_F$ .....                               | 143        |
| 8.5.5 Faktor Tusukan, $C_i$ .....                              | 144        |
| 8.5.6 Faktor Konversi Format, $K_F$ (hanya DFBK) .....         | 145        |
| 8.5.7 Faktor Ketahanan, $\phi t$ (hanya DFBK) .....            | 146        |
| 8.5.8 Faktor Efek Waktu, $\lambda$ (hanya DFBK) .....          | 147        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                    | <b>149</b> |
| <b>BAB 9 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEKUATAN</b>                 |            |
| <b>KONSTRUKSI KAYU</b> .....                                   | <b>151</b> |
| 9.1 Pendahuluan .....                                          | 151        |
| 9.2 Karakteristik Fisik Kayu .....                             | 154        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                    | <b>162</b> |
| <b>BAB 10 IMPLEMENTASI STRUKTUR KAYU PADA KONSTRUKSI</b> ..... | <b>163</b> |
| 10.1 Perencanaan Struktur Kuda-Kuda Kayu .....                 | 163        |
| 10.2 Ilustrasi Konstruksi Struktur Kayu .....                  | 175        |
| 10.2.1 Teknis Struktur Atap Tahan Gempa .....                  | 175        |
| 10.2.2 Jembatan Kayu .....                                     | 177        |
| 10.2.3 Papan Lantai Kayu .....                                 | 178        |
| 10.2.4 Papan Lantai Kayu .....                                 | 180        |
| 10.2.5 Jembatan Kayu Balok Laminasi .....                      | 180        |
| 10.2.6 Perancah atau Bekisting .....                           | 184        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                    | <b>187</b> |
| <b>BAB 11 SAMBUNGAN KAYU DENGAN ALAT SAMBUNG PAKU</b>          |            |
| <b>DAN BAUT</b> .....                                          | <b>189</b> |
| 11.1 Sambungan Struktur Kayu .....                             | 189        |
| 11.2 Sambungan Paku .....                                      | 191        |
| 11.3 Sambungan Baut .....                                      | 196        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                    | <b>200</b> |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                                         |            |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1.1 Microlibrary Warak Kayu .....                                                       | 5   |
| Gambar 1.2. Gedung Mjøstårnet di Norwegia .....                                                | 6   |
| Gambar 1.3 Bangunan perumahan kayu tinggi pertama .....                                        | 7   |
| Gambar 1.4. Jembatan Horai Bridge.....                                                         | 8   |
| Gambar 1.5. Jembatan Cheng .....                                                               | 9   |
| Gambar 1.6 Jembatan kintaikyo .....                                                            | 10  |
| Gambar 2.2. Sel-sel pembentuk kayu.....                                                        | 20  |
| Gambar 3.1 Potongan Melintang Pohon Kayu .....                                                 | 40  |
| Gambar 4.1. kayu karet .....                                                                   | 74  |
| Gambar 4.2. Kayu Jati putih dengan warna terang .....                                          | 75  |
| Gambar 4.3 Kayu jabon .....                                                                    | 76  |
| Gambar 4.4. Log Kayu Jati Belanda (Pinus) .....                                                | 77  |
| Gambar 4.5. Kayu Sungkai log.....                                                              | 78  |
| Gambar 5.1. Hubungan rerata kehilangan air jenis-jenis kayu<br>terhadap waktu pengukuran ..... | 94  |
| Gambar 6.1 Kayu Tertarik .....                                                                 | 104 |
| Gambar 6.2 Kayu Tertekan.....                                                                  | 105 |
| Gambar 6.3 Kayu Tertekan.....                                                                  | 106 |
| Gambar 6.4 Kayu Melentur .....                                                                 | 106 |
| Gambar 6.5 Kayu mengalami puntir .....                                                         | 107 |
| Gambar 6.6. Kayu Terbelah.....                                                                 | 107 |
| Gambar 7.1. Rasio kelangsingan kolom persegi .....                                             | 111 |
| Gambar 7.2. Pengaruh pemasangan bracing pada kolom .....                                       | 113 |
| Gambar 7.3. Kolom dengan barcing arah x .....                                                  | 114 |
| Gambar 7.4. Sambungan kolom berspasi dan balok .....                                           | 117 |
| Gambar 7.5. Geometri kolom berspasi (Sumber : .....                                            | 118 |
| Gambar 7.6. Kolom berspasi dengan konektor cincin belah atau pelat. ....                       | 121 |
| Gambar 7.7. Desain kolom berspasi .....                                                        | 122 |
| Gambar 8.1 Kurva tegangan-regangan sejajar serat.....                                          | 135 |
| Gambar 8.2 Benda uji kayu kuat tarik sejajar serat .....                                       | 135 |
| Gambar 8.3 Benda uji kayu kuat tarik tegak lurus serat.....                                    | 136 |
| Gambar 8.4 Batang Tarik .....                                                                  | 137 |
| Gambar 9.1. Struktur Kayu .....                                                                | 153 |
| Gambar 9.2. Mata kayu .....                                                                    | 155 |



|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 9.3. Keretakan Alami Kayu.....                                         | 158 |
| Gambar 9.4. Mekanisme Visual Batang Kayu .....                                | 160 |
| Gambar 9.5. Distorsi Pembebanan pada Konstruksi Balok Kayu.....               | 160 |
| Gambar 10.1. Ilustrasi rangka kuda-kuda pada perumahan sederhana              | 165 |
| Gambar 10.2. Pembebanan pada gording.....                                     | 166 |
| Gambar 10.3. Pembebanan beban mati dan beban hidup pada kuda-<br>kuda .....   | 169 |
| Gambar 10.4a. Koefisien angin bangunan tertutup.....                          | 171 |
| Gambar 10.4b. Koefisien angin bangunan tertutup .....                         | 172 |
| Gambar 10.4c. Koefisien angin bangunan tanpa dinding .....                    | 173 |
| Gambar 10.5. Pembebanan beban angin bpada kuda-kuda .....                     | 174 |
| Gambar 10.6. Detail sambungan kuda-kuda kayu .....                            | 176 |
| Gambar 10.7. Detail sambungan kuda-kuda kayu .....                            | 178 |
| Gambar 10.8. Papan lantai jembatan kayu.....                                  | 178 |
| Gambar 10.9. Balok Jembatan.....                                              | 180 |
| Gambar 10.10. Contoh jembatan kayu dengan bentang 45 m.....                   | 181 |
| Gambar 10.11. Penampang tengah jembatan kayu .....                            | 182 |
| Gambar 10.12. Detail sambungan precast deck dan kayu laminasi atas            | 183 |
| Gambar 10.13. Pembebanan pada bekisting.....                                  | 184 |
| Gambar 10.14. Pembebanan ditinjau untuk sebuah jalur selebar 1<br>meter ..... | 185 |
| Gambar 10.15. Pembebanan pada papan .....                                     | 185 |
| Gambar 11.1. Penempatan Paku ( PPKI,1961) .....                               | 192 |
| Gambar 11.2. Penampang Satu Pada Sambungan Kayu .....                         | 192 |
| Gambar 11.3. Penampang Dua Pada Sambungan Kayu .....                          | 192 |
| Gambar 11.4. Penempatan Baut.....                                             | 198 |
| Gambar 11.5. Detail Sambungan Baut Soal Contoh .....                          | 199 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel. 2.1 Fungsi utama tipe sel dalam kayu.....                       | 17  |
| Tabel 4.1. Berat jenis kayu.....                                       | 70  |
| Tabel 4.2. Faktor yang mempengaruhi warna kayu.....                    | 72  |
| Tabel 4.3. Tingkat/Kelas Keawetan Kayu.....                            | 40  |
| Tabel 5.1. Kelas Kuat berdasarkan berat jenis kayu .....               | 92  |
| Tabel 6.1 Kelas kuat kayu .....                                        | 102 |
| Tabel 6.2. Kelas keawetan kayu .....                                   | 102 |
| Tabel 7.1. Faktor koneksi.....                                         | 120 |
| Tabel 8.1 Keberlakuan faktor-faktor koreksi untuk kayu gergajian ..... | 138 |
| Tabel 8.2 Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan .....      | 141 |
| Tabel 8.3 Faktor Layan Basah, CM .....                                 | 142 |
| Tabel 8.4 Faktor Temperature, Ct.....                                  | 143 |
| Tabel 8.5 Faktor Tusukan, Ci .....                                     | 145 |
| Tabel 8.6 Faktor Konversi Format, KF .....                             | 146 |
| Tabel 8.6 Faktor Ketahanan, $\phi$ t.....                              | 147 |
| Tabel 8.7 Faktor Efek Waktu, $\lambda$ .....                           | 148 |
| Tabel 11.1. Daftar Beban Yang Diperkenankan Per Paku .....             | 193 |
| Tabel 11.2. Paku Kawat Biasa .....                                     | 195 |
| Tabel 11.3. Kekuatan Sambungan Paku (S) .....                          | 196 |



# **BAB 1**

# **PENGANTAR DAN PERKEMBANGAN TEKNOLOGI KAYU**

**Oleh Erniati Bachtiar**

## **1.1 Pendahuluan**

Kayu merupakan salah satu bahan konstruksi yang diperoleh dari tumbuhan dalam alam. Kayu salah satu bahan baku konstruksi yang memiliki sifat fleksibel, serbaguna, berkelanjutan. Perolehan umumnya diperoleh dari hasil penebangan pohon di hutan alam maupun pada HTI (Hutan Tanaman Industri) ataupun daerah lainnya. Ribuan tahun yang lalu, kayu sudah dimanfaatkan sebagai bahan/material bangunan, furniture, dekorasi rumah ataupun usaha lainnya.

Seiring dengan waktu, perkembangan teknologi kayu juga semakin meningkat karena adanya perkembangan teknologi yang semakin canggih. Kenapa demikian, karena keuntungan struktur dengan bahan kayu antara lain Mudah dalam pengerjaan karena bisa dibuat atau dibentuk sesuai keinginan, serta mudah untuk dipaku, dibaut atau direkatkan; proses dan durasi pengerjaannya lebih cepat karena banyak tukang lokal yang menguasainya; mudah didapat, karena merupakan sumber daya alam yang masih banyak tersedia dan bisa didaur ulang lagi dengan cara reboisasi; lebih ekonomis karena harganya relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya;

kekuatan kayu cukup tinggi dengan bobot yang ringan, bahkan kayu solid akan awet dan tahan lama; daya tahan terhadap listrik dan bahan kimia cukup baik

Kayu merupakan isolator termal alami yang sangat efektif dalam mengisolasi dingin dan panas, serta merupakan penyerap kebisingan yang juga baik; jenis kayu tertentu mempunyai tekstur dan serat kayu yang indah sehingga mempunyai nilai lebih untuk dijadikan elemen dekorasi; lebih aman dan fleksibel jika terjadi gempa bumi sehingga rumah yang terbuat dari kayu akan tetap pada kondisi aslinya, tidak mudah retak, dan tidak mudah bergeser.

Disamping itu, ada beberapa kekurangan pada material kayu sebagai bahan baku konstruksi. Namun, saat ini terdapat banyak solusi untuk menghindari hal tersebut. Berikut beberapa kelemahan dan kekurangan yang umumnya ditemukan pada material ini yakni karena kayu berasal dari alam, maka ia bersifat kurang seragam atau homogen; terdapat cacat bawaan dan cacat alam, seperti mata kayu dan pecah-pecah; kayu mudah terbakar; terutama dalam kondisi kering; mudah terpengaruh oleh iklim; kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada kayu; mudah terserang rayap dan jamur.

Struktur kayu dapat dibangun dari kayu gergajian, glulam, atau produk kayu rekayasa. Pada bangunan kayu bertingkat rendah berbingkai ringan yang dibangun dari kayu gergajian atau glulam, tetapi konsep yang berkaitan dengan struktur berangka kayu berat dan bangunan kayu tinggi menggunakan kayu laminasi silang (CLT) sedang diperkenalkan.

Kayu memiliki sifat-sifat spesifik yang dihasilkan dari (selama) proses pertumbuhan, dan oleh karenanya dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor ini antara lain asal/lokasi tempat tumbuh, letak kayu dalam satu batang, asal dan kondisi batang pohon, bentuk dan kondisi batang, kecepatan tumbuh pohon, pengaruh lingkungan dan perlakuan silvikultur, serta tindakan pemuliaan pohon (Bachtiar, 2020; Kasmudjo, 2001). Selain itu iklim, kepadatan hutan, lokasi pengolahan kayu, kadar air, dan cacat kayu akan berpengaruh pada sifat fisika dan mekanika kayu yang dihasilkan (Somayaji, 1995).

Sifat-sifat fisika yang dianggap mendasar adalah kadar air, kembang susut kayu, dan berat jenis kayu. Ketiga hal tersebut akan mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Namun yang paling berpengaruh terhadap kekuatan kayu adalah berat jenisnya. Adanya kandungan zat ekstraktif disamping ukuran sel kayu juga dapat mempengaruhi berat jenis kayu. Sifat mekanika kayu merupakan sifat-sifat kayu yang berhubungan dengan kemampuan kayu dalam menahan beban. Berdasarkan sifat ini dibuat kelas kuat kayu, dengan tetap mengingat bahwa kekuatan kayu untuk satu jenis kayu tidak selalu sama akibat faktor-faktor tersebut (Kasmudjo, 2001) . Pada umumnya kekuatan dan kekerasan kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya, dan semakin besar berat jenisnya, maka semakin tinggi kekuatannya (LPMB, 1961).

Dalam buku ini akan membahas tentang Pengantar & perkembangan teknologi kayu, sel-sel pembentuk kayu; Jenis-jenis kayu; Struktur tampang melintang kayu; Sifat fisis kayu; Sifat higroskopis kayu; Sifat mekanik kayu; Penggolongan kayu berdasarkan tingkat keawetan, kekuatan, dan pemakaian; Tegangan izin lentur kayu; Tegangan izin tekan kayu; Tegangan

izin tarik kayu; Tegangan izin geser kayu; Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu; dan Implementasi Struktur Kayu pada konstruksi.

## **1.2 Perkembangan dan Pemanfaatan Kayu**

Seiring perkembangan pemanfaatan kayu, ada yang dimanfaatkan sebagai struktur ada yang non struktur. Dari masa yang lalu sampai sekarang, struktur bangunan yang terbuat dari kayu termasuk sistem-sistem bangunan industri sangat berkembang dari tahun ke tahun sampai saat ini.

Kenapa penggunaan kayu pada konstruksi bangunan? karena sebagaimana kita ketahui bahwa dengan proporsi kayu yang meningkat dalam konstruksi bisa memfasilitasi penurunan dalam pemakaian material konstruksi lainnya, seperti batu bata, beton, dan baja, dimana material konstruksi ini bukan berasal dari bahan baku terbarukan, namun memerlukan banyak energi dalam produksi serta memberikan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi. Sedangkan material yang berbahan baku kayu yang dapat direkayasa akan menjadi lebih kuat dari sebelum dilakukan rekayasa teknologi kayu. Untuk itu potensi pemanfaatan kayu dapat digunakan oleh para arsitek untuk bangunan seperti gedung pencakar langit ramah lingkungan. Perkembangan teknologi, ada beberapa konstruksi dengan menggunakan struktur kayu, maka dapat dilihat antara lain:

### **1. Bangunan Gedung dari kayu**

Beberapa konstruksi bangunan yang terbuat dari kayu yang memiliki arsitektur modern antara lain

#### **a. Microlibrary Warak Kayu**



Microlibrary Warak Kayu adalah sebuah perpustakaan di Semarang mempunyai luas 90 m<sup>2</sup> dan tinggi 6,65 m yang terletak di samping Taman Kasmaran yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Desain konstruksinya menggunakan sistem konstruksi fasad dari Jerman memilih desain rumah panggung tradisional Indonesia yang terbuka (Muhdany Yusuf Laksono, 2021).



**Gambar 1.1** Microlibrary Warak Kayu: Dok. SHAU  
(Muhdany Yusuf Laksono, 2021)

b. Gedung Mjøstårnet di Norwegia

Salah satu bangunan tertinggi di Norwegia adalah Gedung Mjøstårnet yang terletak di Brumunddal, Norwegia sebagaimana pada Gambar 1.2. Bangunan struktur kayu ini di desain oleh Voll Arkitekter yang dimanfaatkan sebagai hunian, kantor, serta hotel yang berjumlah 18 lantai (tinggi 85.4 m) (Muhdany Yusuf Laksono, 2021).



**Gambar 1.2.** Gedung Mjøstårnet di Norwegia: Ricardo  
Foto/Archdaily (Muhdany Yusuf Laksono, 2021)

c. Brock Commons Tallwood House

Brock Commons Tallwood House adalah bangunan perumahan kayu tinggi pertama yang dibangun oleh University of British Columbia Tahun 2017. Pembangunan ini dibuat, karena Perguruan tinggi tersebut memiliki salah satu misi berkomitmen kuat dalam Tri Darma yang berkelanjutan tentang konstruksi bangunan kayu. Brock Commons Tallwood House memiliki 18 lantai dan tinggi 53 m yang terdiri dari 101 unit kamar. Bangunan Brock Commons Tallwood House dapat dilihat pada Gambar 1.3.



**Gambar 1.3** Bangunan perumahan kayu tinggi pertama: dokumentasi Steven Errico (Muhdany Yusuf Laksono, 2021)

Bangunan Brock Commons Tallwood House tersebut tersedia beberapa ruang antara lain ruang belajar dan sosial serta ruang kegiatan mahasiswa yang ditempatkan paling atas.

Disamping dari arsitektur, namun sejalan dengan kekuatan bangunan tersebut, ini dibuktikan Tim konstruksi tersebut melakukan pengujian terkait stabilitas struktur bangunan tersebut. Struktur bangunan dilaksanakan secara hibrida kayu secara massal, namun pondasi, lantai dasar, pelat lantai dua serta teras tangga/elevator terbuat dari beton.

## 2. Jembatan

Konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penghubung dari suatu tempat ke tempat lain dimana yang terpisahkan oleh sungai maupun jurang atau lainnya disebut

dengan jembatan. Menurut (Supriadi & Muntohar, 2007) bahwa “Jembatan sederhana adalah ditinjau dari segi konstruksi yang sangat mudah dan sederhana, atau dapat diterjemahkan struktur terbuat dari bahan kayu yang sifatnya darurat atau tetap, dan dapat dikerjakan/dibangun tanpa peralatan modern”.

Jembatan terpanjang di dunia berada di Jepang yakni jembatan Horai Bridge, sebagaimana Gambar 1.4. Jembatan ini tepatnya di Shimida, Prefektur Shizuoku di Jepang. Pertama kali Jembatan ini dibangun pada Tahun 1879 diatas sungai Oi. Jembatan ini dibuat ulang Kembali dan digantikan dengan beton karena pernah tergerus dengan banjir. Meskipun demikian, struktur utama jembatan tetap terbuat dari kayu dan tetap bertahan sampai saat ini.



**Gambar 1.4.** Jembatan Horai Bridge (Hendara, 2017)

Selain jembatan kayu terpanjang, ada lagi jembatan terindah di dunia yang terbuat dari kayu. Beberapa Jembatan terindah yakni Jembatan Cheng yang yang dikenal jembatan angin dan hujan yang terletak di China, sebagaimana pada Gambar 1.5 dan Jembatan kintaikyo yang dapat dilihat pada Gambar 1.6.





**Gambar 1.5.** Jembatan Cheng (Dhonnies, 2023)



**Gambar 1.6** Jembatan kintaikyo (Dhonnies, 2023)

Gambar 1.5 menampilkan Jembatan Cheng ini sangat unik, dimana jembatan tersebut dibangun dari kayu dan batu tanpa memanfaatkan paku, selain itu jembatan ini memiliki fungsi selain sebagai alat penyeberangan, juga melindungi dari unsur-unsur jahat. Jembatan Cheng ini memiliki panjang 64,4 m, lebar 3,4 m dan tinggi 10,6 m. Gambar 1.6 menampilkan jembatan Jembatan kintaikyo, dimana jembatan ini merupakan jembatan melengkung yang berada di Wilayah Iwakuni, Jepang. Konstruksi jembatan ini terbuat dari kayu, dimana membentang diatas Sungai sungai Nishiki, disamping berfungsi sebagai penyebrangan namun juga berfungsi sebagai salah satu destinasi tempat wisata pada saat wisatawan berkunjung di wilayah Iwakuni tersebut (Dhonnies, 2023).

## DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, E. (2020). *Balok Komposit: Papan Laminasi Kayu Keruing - Papan Partikel Kayu Sengon*. Yayasan Barcode.
- Dhonnies. (2023). *50 Foto Jembatan Terindah Dan Terpanjang Di Dunia Yang Sangat Menakjubkan*. Parararam.Com.  
<https://parararam.com/jembatan-terindah/>
- Hendara, A. (2017). *Wow! Jembatan Kayu Terpanjang di Dunia Ada di Jepang!* Japanesestation.Com.  
<https://japanesestation.com/lifestyle/japan-fact/wow-jembatan-kayu-terpanjang-di-dunia-ada-di-jepang>
- Kasmudjo. (2001). *Pengantar Teknologi Hasil Hutan*. Fakultas Kehutanan UGM.
- LPMB. (1961). *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-15 PKKI-1961*. Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Muhdany Yusuf Laksono. (2021). *4 Karya Arsitektur Modern Berbahan Kayu, Rendah Emisi Gas Rumah Kaca*. Kompas.Com.  
<https://www.kompas.com/properti/read/2021/09/25/100000521/4-karya-arsitektur-modern-berbahan-kayu-rendah-emisi-gas-rumah-kaca?page=all>
- Somayaji, S. (1995). *Civil Engineering Materials*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Supriadi, B., & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Beta Offset Yogyakarta.





# **BAB 2**

## **SEL-SEL PEMBENTUK KAYU**

**Oleh Iis Roin Widiati**

### **2.1 Pendahuluan**

Kayu telah menjadi material yang penting dan sering digunakan dalam berbagai proyek teknik sipil. Salah satu komponen utama yang memberikan struktur dan sifat mekanis kayu adalah sel-sel pembentuk kayu. Sel-sel ini terlibat dalam pembentukan jaringan kayu dan memberikan karakteristik khas pada material tersebut.

Pada tingkat mikroskopis, kayu terdiri dari berbagai jenis sel yang saling berhubungan dan membentuk struktur kompleks. Sel-sel pembentuk kayu termasuk serat, sel trakeid, dan sel gabus. Struktur mikroskopis ini berinteraksi untuk memberikan kekuatan, stabilitas, dan sifat mekanis khas pada kayu.

Selain itu, komponen kimia kayu seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa juga berperan penting dalam memberikan sifat-sifat khas pada kayu, seperti kekuatan mekanis dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.

Dalam konteks teknik sipil, pemahaman tentang sel-sel pembentuk kayu dan sifat mekanis kayu menjadi penting dalam berbagai aplikasi konstruksi kayu. Struktur kayu balok dan kolom, jembatan kayu, serta penggunaan material kayu lapis

adalah beberapa contoh penerapan dalam praktik teknik sipil yang melibatkan sel-sel pembentuk kayu.

## **2.2 Sifat-sifat anatomi kayu**

Kayu merupakan material yang kompleks dan memiliki struktur anatomi yang khas. Memahami anatomi kayu penting dalam konteks teknik sipil karena ini memungkinkan kita untuk mengenali berbagai komponen dan memahami peran serta sifat-sifatnya dalam penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi.

Anatomi kayu adalah studi mengenai struktur internal kayu yang terdiri dari berbagai komponen seluler yang bekerja sama untuk membentuk jaringan kayu. Secara anatomi, kayu berasal dari pertumbuhan bagian sekunder akar, cabang, dan batang pada pohon yang menghasilkan jaringan perenial. Pertumbuhan dan perkembangan jaringan kayu dapat dilihat pada pembentukan jaringan untuk memenuhi kebutuhan alami pohon yang terdiri dari sel-sel pengangkut dan penyimpanan. Kelompok-kelompok sel kayu bergabung membentuk anatomi kayu.

Senyawa utama penyusun sel kayu adalah selulosa sekitar 50%, hemiselulosa sekitar 25%, dan lignin sekitar 25% (Desch dkk, 1981). Sel-sel kayu ini berkelompok membentuk pembuluh, parenkim, dan serat. Pembuluh memiliki bentuk seperti pipa yang berfungsi untuk saluran air dan zat hara. Parenkim memiliki bentuk kotak, berdinding tipis dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara hasil fotosintesis. Serat memiliki bentuk panjang langsing dan berdinding tebal serta berfungsi sebagai penguat pohon.

Kayu merupakan bahan alam yang tidak homogen. Ketidak homogen ini disebabkan oleh pola pertumbuhan batang dan kondisi lingkungan yang tidak sama. Hal ini menyebabkan sifat fisik dan sifat mekanik kayu berbeda.

Dari sisi anatomi, kayu adalah jaringan perenial yang dihasilkan dari pertumbuhan sekunder pada batang, cabang, dan akar. Struktur anatomi ini memengaruhi sifat-sifat mekanis dan fungsional kayu dalam konteks teknik sipil. Berikut ini adalah komponen utama yang terdapat dalam anatomi kayu.

a. Xilem

Xilem adalah bagian kayu yang berfungsi untuk mengangkut air, nutrisi, dan zat kimia melalui tumbuhan. Ada dua jenis xilem utama dalam kayu, yaitu:

- Xilem Awal: Xilem awal terbentuk pada tahap awal pertumbuhan kayu. Pada xilem awal, terdapat serat kayu dan sel trakeid. Serat kayu memberikan kekuatan mekanis pada kayu, sedangkan sel trakeid berperan dalam konduksi air dan nutrisi.
- Xilem Akhir: Xilem akhir terbentuk saat kayu mencapai tahap pertumbuhan yang lebih matang. Xilem akhir terdiri dari sel-sel kayu tanpa pori-pori yang disebut trakeid. Trakeid berfungsi dalam konduksi air dan nutrisi, serta memberikan dukungan struktural pada kayu.

b. Floem

Floem adalah lapisan di sekitar xilem dan berfungsi untuk mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke bagian lain tumbuhan. Dalam konteks kayu, floem terdiri dari elemen berongga dan serat floem. Elemen berongga bertanggung jawab untuk mengangkut hasil fotosintesis,

sedangkan serat floem memberikan dukungan struktural.

c. Kambium

Kambium adalah lapisan sel yang terletak di antara xilem dan floem. Kambium berperan dalam pembelahan sel dan pertumbuhan kayu. Kambium bertanggung jawab untuk pembentukan sel-sel baru, baik di xilem maupun floem, yang menghasilkan pertumbuhan radial dan penambahan diameter kayu.

d. Medula

Medula adalah pusat kayu yang terletak di bagian tengah batang atau cabang kayu. Medula sering disebut sebagai sumsum kayu dan berfungsi untuk menyimpan nutrisi serta memberikan dukungan struktural pada kayu muda. Pada kayu yang lebih tua, medula seringkali tidak aktif.

Pengamatan pada kayu menunjukkan tidak hanya terdapat perbedaan antara kayu lunak dan kayu keras pada berbagai jenis kayu, tetapi juga perbedaan dalam satu sampel, seperti kayu gubal dan kayu teras, lingkaran pertumbuhan, kayu awal dan kayu akhir, susunan pori dan lain sebagainya. Hal ini merupakan hasil perkembangan dan pertumbuhan jaringan kayu. Jaringan ini dibentuk untuk memenuhi kebutuhan alami pohon, yang terdiri atas sel-sel penguat, pengangkut dan penyimpan. Kayu lunak yang diperoleh dari pohon konifer dan kayu keras yang diperoleh dari pohon daun lebar berbeda dalam hal tipe sel dan fungsi sel.

Arah dan susunan sel pada kayu dapat dilihat pada irisan dalam tiga bidang utama yang menunjukkan karakteristik anatomi kayu yaitu penampang melintang atau transversal, penampang tangensial, dan penampang radial.

Kayu lunak menunjukkan suatu struktur yang relatif sederhana karena terdiri atas 90-95% trakeid, yang merupakan sel-sel yang panjang dan tipis dengan ujung-ujung tertutup yang pipih atau meruncing. Trakeid tersusun dalam baris radial dan perpanjangan longitudinal nya terorientasi dalam arah sumbu batang. Kayu pada arah longitudinal memiliki kekuatan lebih besar dibanding arah radial maupun tangensial, dan angka kembang susut pada arah longitudinal lebih kecil dari pada arah radial maupun arah tangensial.

Dalam perkembangan dari kayu awal ke kayu akhir, diameter sel menjadi lebih kecil sedangkan dinding sel menjadi lebih tebal. Pada akhir periode pertumbuhan dikembangkan trakeid dengan diameter lumen kecil dan diameter radial kecil. Sedangkan pada permulaan periode pertumbuhan berikutnya trakeid dengan lumen dan diameter besar dikembangkan oleh pohon.

**Tabel. 2.1** Fungsi utama tipe sel dalam kayu

|            | <b>Fungsi Mekanik</b> | <b>Fungsi Pengangkut</b>                                                                           | <b>Fungsi Penyimpan</b>                                                                                                 | <b>Fungsi Pengeluaran</b> |
|------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Kayu lunak | Trakied kayu akhir    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trakeid kayu awal</li> <li>- Trakeid jari-jari</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parenkim jari-jari</li> <li>- Parenkim longitudinal (saluran resin)</li> </ul> | Sel epitel                |
| Kayu keras | - Serabut libriform   | - Pembuluh Trakeid                                                                                 | - Parenkim jari-jari                                                                                                    | Sel epitel                |

|  | <b>Fungsi Mekanik</b> | <b>Fungsi Pengangkut</b> | <b>Fungsi Penyimpan</b>                 | <b>Fungsi Pengeluaran</b> |
|--|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|  | - Trakeid serabut     | - Pembuluh               | - Parenkim longitudinal (saluran resin) |                           |

Trakeid kayu akhir yang berdinding tebal berfungsi sebagai penguat, sedangkan trakeid kayu awal yang berongga besar terutama untuk mengangkut air dan mineral di dalam pohon. Berbagai kayu lunak, seperti larch (*Larix spp*), spruce (*Picea spp*), pinus (*Pinus spp*) dan Douglas fir (*Pseudotsiga menziesii*), mengandung trakeid berderet radial bersama sel-sel parenkim jari-jari.

Penyimpanan dan pengangkutan hasil asimilasi terjadi dalam sel-sel parenkim yang dalam kayu lunak terutama terdapat dalam jari-jari arah radial. Unsur-unsur sekresi adalah sel epitel yang mengelilingi saluran resin. Saluran-saluran ini merupakan rongga-rongga vertikal dan radial di dalam jaringan pada kayu lunak.

Kayu keras memiliki jaringan dasar untuk penguat yang mengandung serabut libriform dan trakeid serabut. Di dalam jaringan penguat ini tersebar pembuluh pengangkut, sering dengan lumen besar. Pembuluh-pembuluh ini merupakan pipa yang panjang nya mulai dari beberapa sentimeter hingga beberapa meter dan terdiri atas sel-sel tunggal dengan ujung terbuka atau berlubang-lubang.

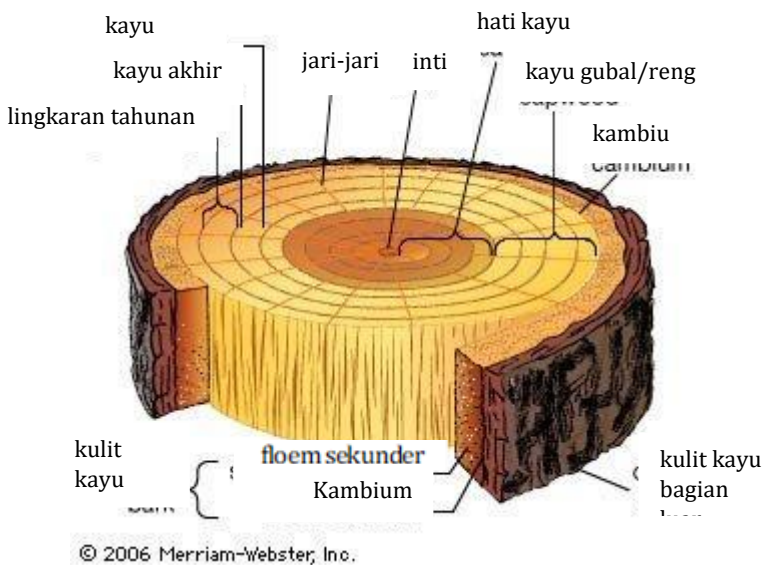
Kayu keras berpori baur dan berpori melingkar dapat dibedakan berdasarkan susunan dan diameter pembuluh. Kebanyakan spesies kayu keras di daerah iklim sedang berpori baur, misalnya maple (*Acer spp*), birch (*Betula spp*), beech

(*Fagus spp*), alder (*Alnus spp*), hornbeam (*Carpinus betulus*), dan poplar (*Populus spp*). Kayu-kayu ini menunjukkan tidak ada perbedaan atau sedikit perbedaan dalam diameter dan jumlah pembuluh di seluruh lingkaran pertumbuhan. Kayu berpori melingkar seperti oak (*Quercus spp*), elm (*Ulmus spp*), dan ash (*Fraxinus spp*) mengandung pembuluh-pembuluh yang besar dalam kayu awal dan pembuluh-pembuluh kecil dalam kayu akhir. Kayu berpori semi-melingkar dengan ukuran diameter yang berkelanjutan dari pembuluh kayu awal yang berdiameter besar hingga pembuluh kayu akhir yang berdiameter kecil dapat ditemukan pada walnut (*Juglans spp*), atau dengan pembuluh yang mengumpul dalam kayu awal, misal pohon cherry (*Prunus avium*). Ukuran serabut kayu keras yang membentuk jaringan dasar, lebih kecil bila dibandingkan dengan trakeid kayu lunak. Kayu keras mempunyai dinding sel yang tebal dan lumen yang kecil, dan perbedaan dalam tebal dinding dan diameter lumen antara kayu awal dan kayu akhir tidak begitu tajam seperti kayu lunak.

Sel parenkim adalah sel gemuk pendek dengan ujung-ujung tumpul. Jumlah sel parenkim dalam kayu keras lebih besar daripada kayu lunak, yang menampakkan jari-jari yang besar dan parenkim longitudinal. Terutama dalam kayu keras tropis, parenkim longitudinal mempunyai persentase yang tinggi. Kayu keras dari daerah tropis dan subtropis dapat juga mengandung saluran resin longitudinal dan radial. Tebal dinding serabut atau trakeid, jumlah dan diameter pembuluh, maupun jumlah sel parenkim menentukan kerapatan kayu.

Bagian luar kayu yang disebut kulit (*bark*), merupakan lapisan yang padat dan cukup kasar. Pada bagian sebelah dalam kulit terdapat lapisan tipis yang disebut lapisan kambium,

lapisan ini merupakan tempat pertumbuhan sel-sel kayu. Di sebelah dalam lapisan kambium terdapat bagian kayu lunak yang berwarna keputih-putihan disebut kayu gubal (*sapwood*), bagian ini berfungsi sebagai penghantar zat-zat makanan dari akar menuju daun dan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan makanan. Karena itu jika digunakan sebagai bahan konstruksi, kayu ini akan cepat lapuk.



**Gambar 2.2.** Sel-sel pembentuk kayu

Ketika pohon mulai dewasa atau tua, sebagian kayu di dalam batang mati berangsur-angsur sehingga tidak dapat berfungsi sebagai saluran air atau zat hara dan tidak dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil fotosintesis. Warna kayu berubah menjadi lebih tua karena pengendapan zat-zat ekstraktif. Lapisan kayu ini dikenal dengan nama teras



(*heartwood*) dengan fungsi sebagai penguat pohon. Karena pada kayu teras tidak terdapat zat-zat makanan, maka konstruksi yang menggunakan kayu teras akan menjadi lebih awet. Lapisan kayu teras berasal dari kayu gubal. Lapisan kayu gubal berfungsi sebagai saluran air atau zat hara. Tebal lapisan kayu gubal 2-10 cm.

Pertumbuhan sel-sel kayu disertai dengan munculnya konstruksi seperti cincin yang disebut dengan cincin tahunan (*annual ring*). Pohon kayu yang mengalami pertumbuhan cepat akan memiliki cincin tahunan yang lebih lebar bila dibanding dengan pohon kayu yang memiliki pertumbuhan lambat. Pada bagian tengah batang disebut inti (*pith*) yang dikelilingi oleh sejumlah cincin tahunan yang memperkirakan umur dari pohon kayu.

Pemahaman tentang anatomi kayu penting dalam pemilihan, pengolahan, dan penggunaan kayu dalam teknik sipil. Struktur anatomi ini memengaruhi sifat-sifat mekanis kayu seperti kekuatan tarik, kekakuan, dan kelenturan. Dalam praktik teknik sipil, pengetahuan tentang anatomi kayu memungkinkan kita untuk memahami bagaimana kayu akan berperilaku dalam berbagai aplikasi konstruksi dan bagaimana mengoptimalkan penggunaannya untuk mencapai tujuan desain yang diinginkan.

## **2.3 Struktur Mikroskopis Kayu**

Struktur mikroskopis kayu merujuk pada organisasi dan komponen seluler kayu yang terlihat hanya dengan menggunakan mikroskop. Kayu terdiri dari jaringan kompleks yang melibatkan berbagai jenis sel yang berinteraksi satu sama lain. Struktur mikroskopis ini memainkan peran kunci dalam

memberikan kekuatan, stabilitas, dan sifat-sifat mekanis yang unik pada kayu.

Salah satu komponen utama dalam struktur mikroskopis kayu adalah serat kayu. Serat kayu adalah sel-sel yang panjang dan ramping yang memberikan kekuatan tarik pada kayu. Selain itu, kayu juga mengandung sel trakeid, yang merupakan sel kayu tanpa pori-pori yang terletak pada bagian dalam kayu. Sel trakeid memberikan dukungan struktural pada kayu dan membantu dalam perpindahan air dan nutrisi melalui tumbuhan.

Selain serat kayu dan sel trakeid, sel gabus juga merupakan bagian penting dari struktur mikroskopis kayu. Sel gabus terdapat di luar lingkaran kayu dan bertanggung jawab untuk melindungi jaringan kayu yang lebih dalam serta memberikan lapisan perlindungan.

Selain komponen seluler, komposisi kimia kayu juga berperan penting dalam struktur mikroskopis. Selulosa, lignin, dan hemiselulosa adalah komponen utama yang memberikan kekuatan dan ketahanan pada kayu. Selulosa adalah polimer yang memberikan kekuatan tarik pada kayu, sedangkan lignin memberikan kekakuan dan melapisi serat-serat kayu. Hemiselulosa membantu dalam ikatan selulosa dan lignin, memberikan stabilitas dan kekuatan mekanis tambahan.

### **2.3.1 Sel-sel Pembentuk Kayu**

Sel-sel pembentuk kayu adalah komponen utama yang membentuk struktur kayu. Sel-sel pembentuk terdiri dari serat kayu, sel trakeid, dan sel gabus. Berikut ini penjelasan lebih detail tentang masing-masing sel pembentuk kayu:

a. Serat Kayu

Serat kayu adalah sel-sel yang panjang dan ramping yang memberikan kekuatan tarik pada kayu. Mereka terbentuk pada xilem awal kayu. Serat kayu memiliki dinding sel yang tebal dan kaya akan selulosa, yang memberikan kekuatan mekanis pada kayu. Serat kayu terletak sejajar dengan sumbu panjang batang kayu, dan mereka memberikan kekuatan struktural yang signifikan pada kayu. Serat kayu juga membantu mentransfer gaya dan beban dari satu bagian kayu ke bagian lainnya.

b. Sel Trakeid

Sel trakeid juga merupakan sel pembentuk kayu yang terlibat dalam konduksi air, nutrisi, dan zat kimia dalam tumbuhan. Sel trakeid terbentuk pada xilem awal kayu. Mereka memiliki bentuk yang lebih pendek dan lebih lebar dibandingkan dengan serat kayu. Sel trakeid memiliki dinding sel yang tebal dan berpori, yang memungkinkan aliran air melalui mereka. Mereka terhubung satu sama lain melalui area pori-pori, membentuk jalur konduksi vertikal dalam kayu.

c. Sel Gabus

Sel gabus terdapat di lapisan luar kayu dan bertanggung jawab melindungi jaringan kayu yang lebih dalam. Sel gabus terbentuk pada lapisan floem dan kambium kayu. Mereka memiliki dinding sel yang keras dan tahan air. Sel gabus berfungsi sebagai pelindung terhadap kerusakan mekanis, serangan hama, dan penetrasi air. Sel gabus juga memberikan isolasi termal dan akustik pada kayu.

Selain sel-sel pembentuk kayu tersebut, kayu juga mengandung komponen lain seperti sel-sel penyimpanan (misalnya sel parenkima) yang berperan dalam penyimpanan nutrisi dan air, serta pembuluh pembantu seperti pembuluh pembantu rayan yang membantu dalam konduksi air lateral dalam kayu.

Pemahaman tentang sel-sel pembentuk kayu penting dalam memahami struktur dan sifat mekanis kayu. Kombinasi serat kayu, sel trakeid, dan sel gabus memberikan kekuatan, stabilitas, dan sifat-sifat khas pada kayu. Pengetahuan ini dapat digunakan untuk memilih jenis kayu yang sesuai untuk berbagai aplikasi teknik sipil dan untuk merancang struktur kayu yang efisien dan tahan lama.

### **2.3.2 Ultrastruktur Dinding Sel**

Berbagai lapisan pada kayu dapat dilihat dalam dinding sel kayu. Batasan yang jelas antara masing-masing lapisan dapat dilihat dengan mikroskop elektron. Dengan alat tersebut, maka dapat diketahui komposisi struktur dinding sel kayu.

Di antara masing-masing sel terdapat lapisan tipis, yang disebut lamela tengah, yang mengikat sel-sel satu sama lain untuk membentuk jaringan. Meskipun masing-masing fibril dapat melintasi lamela tengah, lapisan ini pada dasarnya bebas dari selulosa. Transisi dari lamela tengah ke lapisan dinding sel yang berdekatan tidak begitu jelas, sehingga digunakan istilah lamela tengah majemuk untuk lamela tengah dan kedua dinding primer yang berdekatan.

Dalam dinding primer (P) fibril selulosa tersusun dalam lapisan-lapisan tipis yang bersilangan. Karena dinding primer merupakan lapisan pertama yang diendapkan selama

perkembangan sel, sistem ini memungkinkan untuk ekspansi sel muda. Itulah sebabnya orientasi fibril dalam lamela yang paling luar lebih miring. Selebihnya jumlah selulosa dalam dinding primer sangat terbatas.

Lapisan dinding berikutnya adalah dinding sekunder 1 dengan kemiringan spiral fibril yang kecil. Terdapat sejumlah lamela dengan arah spiral yang berlawanan, dan jika lamela tersebut sangat tipis, amak spiral-spiral dapat terlihat sebagai sistem bersilangan. Lapisan dinding yang paling tebal adalah dinding sekunder 2. Dalam lapisan ini fibril-fibril mempunyai sudut arah yang tajam. Lapisan dinding sekunder ketiga terdapat dalam sel-sel parenkim, sedangkan serat monokotil, misalnya bambu, dapat memiliki empat lapisan dinding sekunder atau lebih.

Dari semua tipe sel, dinding sekunder 2 merupakan bagian terbesar dari dinding sel. Persentase yang tinggi terdapat pada trakeid kayu akhir dari kayu lunak dan serabut libriform kayu keras, yang mana dinding sekunder 2 membentuk lebih dari 90% dari dinding sel.

### **2.3.3 Jaringan Reaksi**

Bentuk sel, terutama trakeid dan serabut, dipengaruhi tidak hanya oleh perubahan musim tetapi juga oleh gaya-gaya mekanik. Pohon memberikan reaksi terhadap gaya regangan yang menerpa batang (karena angin kencang atau tegangan geotropik), cabang dan ranting (karena berat sendiri) dengan pembentukan kayu reaksi dalam daerah tekanan atau tarikan. Pohon-pohon konifer membentuk kayu tekan dalam daerah tertekan, dan pohon daun lebar mengembangkan kayu tarik dalam daerah tarikan. Jaringan tekan dan tarik berbeda dalam

sifat-sifat anatomi, kimia, dan fisika satu sama lain maupun terhadap jaringan normal kayu.

Karakteristik utama kayu tekan (*compression wood*) diidentifikasi dengan warna nya yang gelap, hal ini disebabkan karena kandungan lignin yang relatif tinggi, trakeid dengan ruang interseluler, tidak adanya dinding tersier, dan dinding sekunder 2 dengan rongga spiral.

Kayu tarik (*tension wood*) mengandung pembuluh yang lebih sedikit dan lebih kecil bila dibandingkan dengan kayu normal, dan serabut mengandung lapisan dinding khusus, yang disebut lapisan gelatin (*gelatinous layer*) atau lapisan-G. Lapisan ini terdiri dari lamela-lamela konsentrik dari fibril-fibril selulosa yang searah dengan arah sumbu serabut. Selulosa nya sangat kristalin, dan kandungan poliosa dan lignin hanya beberapa persen. Tebal lapisan-G bervariasi sepanjang serabut kayu tarik dan paling tebal di bagian tengah.

#### **2.3.4 Unsur Fungsional Sistem Pengangkutan**

Pengangkutan dan distribusi larutan maupun pertukaran isi sel di dalam bagian kayu hidup hanya dapat dimungkinkan oleh adanya lubang-lubang dalam dinding sel.

Tilosis merupakan selaput tipis yang dapat menghalangi aliran air di dalam pembuluh. Selaput-selaput ini tumbuh dalam rongga sel dimulai dari noktah yang berbatasan dengan sel-sel parenkim yang berkaitan. Dinding tilosis terdiri dari dua lapisan atau lebih, mengandung selulosa, poliosa, dan lignin. Dalam banyak spesies kayu tilosis terdapat juga dalam trakeid serabut.

## 2.4 Komponen Kimia yang menyusun sel kayu

Komponen kimia kayu merujuk pada zat-zat kimia yang ada dalam struktur kayu dan memberikan sifat-sifat khas pada kayu. Komponen-komponen kimia ini terdiri dari beberapa zat organik utama, termasuk selulosa, lignin, hemiselulosa, dan berbagai senyawa lain seperti ekstraktif dan minyak esensial.

Susunan konsentrik lapisan-lapisan dinding sel disebabkan oleh perbedaan komposisi kimia dan perbedaan orientasi unsur-unsur strukturnya. Dalam tingkat besaran ini komponen-komponen dapat dibagi menjadi komponen struktural, yaitu selulosa, dan komponen sub-struktural, yaitu poliosa dan lignin.

Berikut adalah penjelasan singkat tentang masing-masing komponen kimia kayu:

### a. Selulosa

Selulosa adalah salah satu komponen utama dalam kayu dan merupakan polimer polisakarida yang terdiri dari rantai panjang molekul glukosa yang terhubung secara berseri. Berikut adalah penjelasan lebih detail tentang selulosa:

- Struktur Kimia: Selulosa terdiri dari unit-unit glukosa yang terikat satu sama lain melalui ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik. Setiap unit glukosa berikatan dengan unit glukosa berikutnya, membentuk rantai panjang yang kuat. Kekuatan ikatan antara molekul glukosa menyebabkan selulosa memiliki sifat tarik yang kuat.
- Sifat Mekanis: Selulosa memberikan kekuatan tarik pada kayu dan berperan penting dalam sifat mekanis kayu. Rantai selulosa yang saling terkait membentuk

serat-serat yang kuat, memberikan struktur pada kayu dan memungkinkan kayu untuk menahan tekanan dan tarikan. Karena sifat tariknya yang kuat, serat-serat selulosa juga memberikan kekakuan pada kayu.

- Stabilitas Dimensi: Selulosa memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air. Ini berarti selulosa dapat berinteraksi dengan kelembaban di lingkungan sekitarnya. Kemampuan selulosa untuk menyerap dan melepaskan air mempengaruhi stabilitas dimensi kayu. Ketika kayu menyerap air, serat-serat selulosa membengkak dan kayu mengembang. Sebaliknya, saat kayu kehilangan air, serat-serat selulosa menyusut, dan kayu mengecil. Sifat ini penting dalam aplikasi teknik sipil, terutama ketika kayu digunakan dalam kondisi yang berubah-ubah atau rentan terhadap perubahan dimensi.
- Interaksi dengan Lignin dan Hemiselulosa: Selulosa berinteraksi dengan dua komponen lain dalam kayu, yaitu lignin dan hemiselulosa. Lignin memberikan kekakuan dan kekakuan pada kayu, sedangkan hemiselulosa memberikan kekuatan mekanis tambahan dan membantu mengikat serat-serat selulosa dan lignin bersama-sama. Interaksi antara selulosa, lignin, dan hemiselulosa membentuk matriks kayu yang kuat dan stabil. Selulosa memiliki berbagai aplikasi dalam teknik sipil. Selulosa yang diekstraksi dari kayu dapat digunakan sebagai bahan baku dalam produksi



kertas, serat tekstil, dan bahan biomaterial. Selulosa juga digunakan dalam produksi bahan isolasi termal dan akustik, serta dalam pengolahan limbah dan pemulihan lingkungan. Pemahaman yang mendalam tentang selulosa membantu dalam pemilihan jenis kayu yang tepat untuk aplikasi teknik sipil, pemrosesan kayu, dan pengembangan teknologi pengolahan kayu yang inovatif.

b. Lignin

Lignin adalah komponen utama kedua dalam kayu setelah selulosa, dan merupakan polimer kompleks yang memberikan kekakuan, kekuatan, dan resistensi terhadap pembusukan pada kayu. Berikut adalah penjelasan lebih detail tentang lignin:

- Struktur Kimia: Lignin terdiri dari polimer tiga dimensi yang terbentuk melalui ikatan kimia kompleks antara berbagai senyawa fenolik. Struktur lignin berbeda antara jenis kayu yang berbeda, tetapi umumnya mengandung unit-unit fenolik seperti p-hidroksifenil, guaiakil, dan siringil.
- Peran dalam Kekakuan dan Kekuatan Kayu: Lignin memberikan kekakuan dan kekuatan pada kayu. Serat-serat lignin yang mengisi ruang antara serat-serat selulosa memberikan dukungan dan kekuatan tambahan pada kayu. Hal ini membantu kayu untuk menahan tekanan dan memberikan stabilitas mekanis yang diperlukan.
- Resistensi Terhadap Pembusukan: Lignin memberikan ketahanan alami terhadap pembusukan. Struktur kimia kompleksnya membuat lignin tahan

terhadap serangan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Kehadiran lignin dalam kayu memperlambat dekomposisi dan memperpanjang masa pakai kayu.

- Interaksi dengan Selulosa dan Hemiselulosa: Lignin berinteraksi dengan selulosa dan hemiselulosa dalam kayu, membentuk matriks yang kuat dan stabil. Interaksi ini membantu menjaga integritas kayu, memberikan kekakuan dan stabilitas dimensi pada struktur kayu.
- Pengaruh terhadap Sifat Kayu: Kandungan lignin dalam kayu dapat mempengaruhi sifat-sifat kayu seperti kekerasan, densitas, keawetan, dan permeabilitas. Kayu dengan kandungan lignin yang tinggi umumnya memiliki kekerasan yang lebih tinggi dan keawetan yang lebih baik.
- Pemanfaatan Lignin: Lignin dapat diekstraksi dari kayu dan dimanfaatkan dalam berbagai industri. Sebagai produk samping dalam industri pulp dan kertas, lignin digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bahan kimia, aditif, dan bahan bakar. Lignin juga digunakan dalam produksi bahan komposit, bahan adhesif, dan bahan pengisi dalam industri bahan bangunan.

Pemahaman yang mendalam tentang lignin membantu dalam memahami sifat-sifat kayu, memilih jenis kayu yang tepat untuk aplikasi tertentu, dan mengembangkan teknologi pemrosesan kayu

yang efisien dan ramah lingkungan dalam bidang teknik sipil.

c. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah komponen utama ketiga dalam kayu setelah selulosa dan lignin. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang terdiri dari unit-unit gula yang berbeda, seperti glukosa, xilosa, arabiosa, manosa, dan galaktosa. Berikut adalah penjelasan lebih detail tentang hemiselulosa:

- Struktur Kimia

Hemiselulosa memiliki struktur kimia yang kompleks dan berbeda-beda tergantung pada jenis kayu. Hemiselulosa terdiri dari rantai polisakarida yang terdiri dari unit-unit gula yang terikat melalui ikatan  $\beta$ -glikosidik. Kandungan dan komposisi unit-unit gula dalam hemiselulosa bervariasi, dan itulah yang memberikan hemiselulosa keunikan dan sifat-sifatnya.

- Peran dalam Keuletan dan Elastisitas Kayu:  
Hemiselulosa memberikan elastisitas dan keuletan pada kayu. Serat-serat hemiselulosa memberikan struktur yang lentur pada matriks kayu, yang memungkinkan kayu untuk menahan tekanan dan tarikan. Kehadiran hemiselulosa dalam kayu juga membantu mencegah patah atau retak pada kayu.

- Pengaruh pada Sifat Kayu:

Hemiselulosa mempengaruhi sifat fisik dan mekanis kayu. Kandungan dan karakteristik hemiselulosa dalam kayu dapat mempengaruhi

kekuatan, kekakuan, keawetan, dan stabilitas dimensi kayu. Jenis kayu dengan kandungan hemiselulosa yang tinggi dapat memiliki sifat yang berbeda dibandingkan dengan jenis kayu dengan kandungan hemiselulosa yang rendah.

- Interaksi dengan Selulosa dan Lignin: Hemiselulosa berinteraksi dengan selulosa dan lignin dalam kayu, membentuk matriks kompleks yang memberikan kekuatan dan stabilitas pada kayu. Interaksi ini mempengaruhi kekuatan tarik, kekakuan, dan stabilitas dimensi kayu secara keseluruhan.
- Aplikasi dalam Industri: Hemiselulosa dapat diekstraksi dari kayu dan dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri. Dalam industri pulp dan kertas, hemiselulosa dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bahan kimia, bahan tambahan, dan bahan energi. Hemiselulosa juga digunakan dalam produksi bahan komposit, aditif makanan, aditif pakan ternak, dan bahan baku dalam industri kimia.

Pemahaman yang mendalam tentang hemiselulosa membantu dalam pemilihan jenis kayu yang tepat untuk aplikasi teknik sipil, pemrosesan kayu, dan pengembangan produk berbasis kayu yang inovatif.

#### d. Ekstraktif

Ekstraktif adalah kelompok senyawa kimia yang dapat diekstraksi dari kayu. Senyawa-senyawa ini biasanya terdapat dalam jaringan kayu dan berkontribusi pada sifat-sifat khas kayu. Berikut adalah beberapa jenis ekstraktif yang umum ditemukan dalam kayu:

- Resin

adalah ekstraktif yang biasanya ditemukan dalam kayu konifer (misalnya pinus dan cemara). Resin mengandung berbagai senyawa seperti terpena dan gugus fenolik. Resin memberikan kekentalan, keuletan, dan ketahanan terhadap serangan hama pada kayu. Selain itu, resin juga memberikan perlindungan alami terhadap pembusukan mikroba dan kerusakan fisik.

- Minyak

Beberapa kayu mengandung minyak yang memberikan aroma khas pada kayu tersebut. Contoh populer adalah minyak esensial yang terdapat dalam kayu jati, kayu manis, dan cedar. Minyak esensial memberikan aroma yang sedap dan sering digunakan dalam industri parfum dan kosmetik. Selain itu, beberapa minyak esensial juga memiliki sifat antimikroba, yang melindungi kayu dari serangan organisme seperti jamur dan serangga.

- Gugus Fenolik

Gugus fenolik adalah senyawa kimia yang terdapat dalam kayu, seperti tannin. Gugus fenolik memberikan sifat antioksidan dan antimikroba pada kayu, serta memberikan perlindungan terhadap

pembusukan mikroba dan serangan hama. Beberapa kayu tropis kaya akan gugus fenolik, yang membuatnya tahan terhadap kerusakan dan serangan organisme.

- Pigmen

Pigmen adalah senyawa kimia yang memberikan warna pada kayu. Beberapa kayu mengandung pigmen alami yang memberikan warna khas, seperti merah, kuning, atau ungu pada kayu tersebut. Pigmen dapat mempengaruhi penampilan estetika kayu dan digunakan dalam industri pemrosesan kayu untuk memberikan tampilan yang menarik pada produk kayu.

Ekstraktif dalam kayu memberikan karakteristik unik pada kayu dan dapat mempengaruhi sifat-sifat kayu seperti kekuatan, kekakuan, ketahanan terhadap serangan organisme, dan tampilan visual. Pemahaman tentang ekstraktif dalam kayu membantu dalam memahami jenis kayu yang spesifik dan penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknik sipil, serta membantu dalam perlindungan dan pemrosesan kayu untuk menjaga kualitas dan keawetan kayu.

- e. Minyak Esensial

Minyak esensial adalah senyawa alami yang terdapat dalam berbagai jenis tumbuhan, termasuk dalam kayu. Minyak ini diperoleh melalui proses ekstraksi atau distilasi dari bagian tumbuhan yang kaya akan minyak, seperti daun, bunga, kulit kayu, atau akar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bryde, D.J. 2005. *Methods for managing different perspectives of project success*. British Journal of Management ,16 ,2, 119–131.
- Chen, W.T., Chang, P.Y., Huang, Y.H. 2010. *Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects*. International Journal of Project Management ,28, 514–527.
- Clarke, N. 2010. *The impact of a training programme designed to target the emotional intelligence abilities of project managers*. International Journal of Project Management , 28, 461–468.
- Cote, W. A. 1977. *Wood Ultrastructure in Relation to Chemical Composition*. Dalam: The Structure, Biosynthesis, and Degradation of Wood (Loewus, F.A. dan Runeckles, V.C., Eds). Plenum Press, New York, London, hlm. 1-44.
- Danial, D., Nurjannah, N., & Mirna, M. 2019. *Evaluation of The Learning*.
- Duncan, C., . 2020. Construction Project Manager's Pocket Book. *CRC between project leadership, team cooperation and construction project*. Int J Project Manag, 21:519–27.
- Desch, H. E. and Dinwoodie. 1981. *Timber, It's Structure, Properties, and Utoilization*, 2nd edition. The Macmillan Press Ltd. London and Baringstone.
- Panshin, A.J., 1980. *Text Book of Wood Technology volume 1*. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Shmulsky, R dan P. D. Jones, .2011. *Forest Products and Wood Science*, An Introduction, Sixth Ed., Wiley Blackwell, Oxford, UK.





# BAB 3

## STRUKTUR TAMPANG MELINTANG KAYU

Oleh Fahmy Rinanda Saputri

### 3.1 Pendahuluan

Kayu adalah bahan alami yang telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah untuk berbagai keperluan, seperti bahan bangunan, perabotan, alat transportasi, dan sebagainya. Kayu terdiri dari serat-serat selulosa yang terikat bersama oleh bahan perekat yang dikenal sebagai lignin. Struktur kayu sangat kompleks dan dapat dilihat melalui berbagai teknik pengamatan, salah satunya adalah melalui pengamatan potongan melintang kayu.

Potongan melintang kayu menghasilkan gambaran struktur kayu yang berbeda dengan pengamatan potongan memanjang. Potongan melintang memungkinkan kita untuk melihat bagian-bagian kayu, seperti medula (sumsum kayu), kayu inti (*heartwood*), *sapwood*, kulit kayu (*bark*), kamboja (*cambium*), dan lapisan tahunan (*annual rings*). Dari pengamatan potongan melintang, kita dapat memahami sifat dan karakteristik kayu, seperti kualitas kayu, kekuatan, dan keawetan.

Selain itu, struktur melintang kayu juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis kayu. Setiap jenis kayu memiliki struktur melintang yang unik, yang dapat dikenali melalui pengamatan dengan mikroskop atau mata telanjang. Oleh karena itu, pengamatan potongan melintang kayu sangat penting dalam pengolahan kayu dan industri kayu. Dalam industri kayu, pengamatan potongan melintang digunakan untuk memilih jenis kayu yang paling cocok untuk produk tertentu, seperti kayu untuk furniture, kayu untuk bahan bangunan, atau kayu untuk alat musik. Terlebih lagi untuk furniture yang membutuhkan bahan baku kayu yang memiliki daur panjang yang lebih dari 20 tahun (Sushardi et al., 2023). Umur kayu ini dapat dilihat dari struktur tampang melintang kayu.

Selain itu, pengamatan potongan melintang kayu juga berguna untuk mengidentifikasi kondisi kayu. Misalnya, jika terdapat bagian kayu yang rusak atau lapuk, maka dapat dilihat dari pengamatan potongan melintang kayu. Pengamatan ini juga penting untuk mengidentifikasi apakah kayu tersebut mengalami cacat bawaan atau cacat yang dihasilkan dari proses pengolahan kayu.

Sifat dan karakteristik kayu dapat diketahui dari struktur melintang kayu. Misalnya, ketebalan lapisan tahunan (annual rings) pada kayu dapat menunjukkan usia kayu dan kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Kayu dengan lapisan tahunan yang lebar menandakan pertumbuhan yang cepat dan subur, sementara kayu dengan lapisan tahunan yang sempit menandakan pertumbuhan yang lambat dan mungkin tumbuh di lingkungan yang kurang subur.

Selain itu, pengamatan potongan melintang kayu juga dapat membantu dalam pengenalan serangan hama dan penyakit pada kayu. Beberapa jenis hama atau penyakit menimbulkan perubahan warna atau pola pada struktur melintang kayu, sehingga dapat diidentifikasi dengan pengamatan potongan melintang kayu.

Dalam pengolahan kayu, pengamatan potongan melintang juga penting untuk menentukan arah serat kayu. Arah serat kayu mempengaruhi kekuatan dan keawetan kayu, sehingga pemilihan arah serat yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan umur kayu.

Secara keseluruhan, pengamatan potongan melintang kayu memberikan banyak informasi penting tentang kayu, dari pengenalan jenis kayu, kondisi kayu, hingga sifat dan karakteristik kayu. Oleh karena itu, pengamatan potongan melintang kayu sangat penting dalam industri kayu dan pengolahan kayu secara umum.

### **3.2 Bagian Kayu berdasarkan Potongan Melintang**

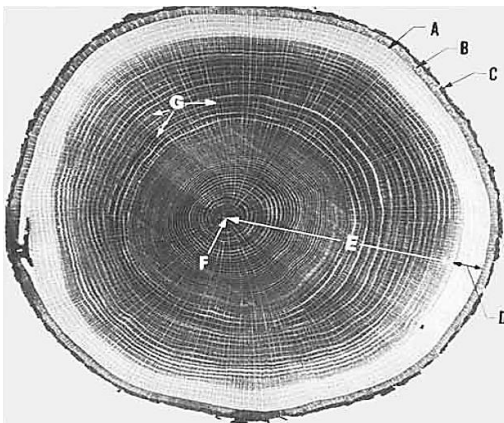
Tampak melintang kayu merupakan salah satu jenis potongan kayu yang melintang terhadap arah serat kayu. Potongan kayu ini sering digunakan untuk mengamati struktur dan kualitas kayu, serta dapat memberikan informasi tentang sifat mekanik dan fisik kayu.

Dalam struktur tampang melintang kayu, kita dapat melihat beberapa bagian kayu yang membentuk pola dan tekstur yang khas. Di bagian tengah kayu terdapat kayu teras yang merupakan bagian yang paling keras dan padat dari kayu.

Kayu teras biasanya memiliki pola lingkaran yang teratur dan sempurna, yang membentuk cincin tahunan yang khas pada setiap jenis kayu.

Di sekitar kayu teras terdapat kayu gubal, yang biasanya lebih lunak dan memiliki warna yang lebih terang. Di luar kayu gubal terdapat lapisan hati kayu yang seringkali memperlihatkan serat-serat kayu yang melengkung. Lapisan hati kayu biasanya lebih gelap dan keras dibandingkan dengan kayu gubal, dan sering digunakan untuk membuat furnitur atau bahan bangunan yang lebih tahan lama.

Selain itu, pada strukturampang melintang kayu juga terlihat pembuluh kayu yang membawa air dan nutrisi ke seluruh bagian kayu. Pembuluh kayu terlihat sebagai titik-titik kecil yang membentuk pola pada bagian tengah lingkaran tahunan. Pola serat kayu juga dapat terlihat pada strukturampang melintang kayu, dan dapat memberikan informasi tentang sifat fisik dan mekanik kayu.



**Gambar 3.1** Potongan Melintang Pohon Kayu

Sumber : (Mulyati, 2015)

Dengan memahami struktur tampang melintang kayu, kita dapat mengidentifikasi jenis kayu, mengukur dimensi dan ukuran kayu, serta memanfaatkan kayu secara efektif untuk berbagai keperluan.

Jika kayu dipotong secara melintang, maka akan terlihat tampak melintang seperti pada Gambar 3.1. Struktur melintang kayu terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

A = Kulit luar (Bark)

Bagian terluar kayu yang terdiri dari kulit, serat, dan lapisan-lapisan tipis lainnya. Kulit luar berfungsi sebagai pelindung kayu dari serangan hama dan cuaca. Kulit luar atau bark adalah lapisan terluar pada batang pohon yang terdiri dari jaringan luar yang melindungi jaringan dalam dan membantu pohon bertahan hidup. Kulit luar terdiri dari beberapa lapisan yang berbeda, termasuk lapisan terluar yang keras dan lapisan seperti kulit, dan lapisan dalam yang lebih tipis dan lunak. Biasanya hanya terdapat pada kayu segar atau pada bagian luar batang kayu yang belum diolah, persentasinya dapat bervariasi antara 1-20% tergantung pada ukuran batang kayu dan jenis kayu.

Fungsi utama kulit luar adalah sebagai perlindungan. Kulit luar mampu melindungi pohon dari kerusakan fisik, serangan hama dan penyakit, serta perubahan cuaca yang ekstrem. Selain itu, kulit luar juga memiliki peran penting dalam menyerap dan menghilangkan air, gas, dan zat-zat lainnya melalui proses transpirasi dan respirasi.

Kulit luar pada beberapa spesies pohon juga memiliki nilai ekonomi yang penting. Beberapa jenis kulit luar dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat bahan obat-obatan, tekstil, dan bahan bakar. Selain itu, kulit luar juga dapat digunakan sebagai bahan dekoratif dalam pengrajin kayu dan arsitektur.

B = Kulit dalam (Phloem)

Lapisan di bawah kulit luar yang terdiri dari sel-sel yang mengangkut nutrisi dari daun ke bagian-bagian lain tanaman. Presentasinya bervariasi antara 10-20% tergantung pada jenis kayu dan usia pohon.

Kulit dalam atau phloem adalah lapisan jaringan di sekitar batang pohon yang berfungsi sebagai pembuluh pengangkut makanan dari daun menuju bagian-bagian pohon yang lain, seperti akar dan cabang. Selain itu, kulit dalam juga berperan dalam mempertahankan kelembaban dan memberikan kekuatan mekanis pada batang pohon.

Kulit dalam terdiri dari beberapa lapisan, termasuk lapisan sel yang menghasilkan floem, yaitu jaringan pembuluh pengangkut makanan. Floem terdiri dari sel-sel rongsok yang tersusun dalam rangkaian panjang dan membentuk serat floem, dan sel-sel parenkim yang berfungsi dalam menyimpan dan mengangkut gula. Di dalam floem terdapat pula sel-sel pengiring yang membantu dalam pengangkutan zat-zat makanan.

Selama pertumbuhan, lapisan phloem dihasilkan oleh jaringan kambium. Setiap musim pertumbuhan baru menghasilkan lapisan phloem yang baru, dan lapisan-lapisan phloem sebelumnya tetap ada sebagai lapisan phloem yang

lebih tua. Seiring bertambahnya usia pohon, lapisan phloem yang lebih tua akan menjadi lebih padat dan lebih keras.

Kulit dalam pada beberapa jenis pohon memiliki nilai ekonomi yang penting. Beberapa jenis kulit dalam dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat-obatan atau bahan baku tekstil. Selain itu, kulit dalam juga dapat digunakan sebagai bahan dekoratif dalam pengrajin kayu dan arsitektur.

C = Kambium (Cambium)

Lapisan tipis sel-sel yang terdapat di antara kayu gubal dan kayu teras. Kambium memproduksi sel-sel baru yang menjadi kayu teras dan kayu gubal. Presentasinya relatif kecil, biasanya kurang dari 1% dari diameter batang kayu.

Kambium atau cambium adalah lapisan jaringan meristematis yang terdapat di antara kayu (xilem) dan kulit kayu (fleksibel), yang terletak tepat di bawah kulit kayu. Kambium adalah jaringan aktif dalam pertumbuhan sekunder pohon dan berfungsi dalam memproduksi jaringan kayu baru ke arah dalam dan jaringan kulit baru ke arah luar.

Kambium merupakan jaringan yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan pohon karena memungkinkan batang pohon untuk memperoleh diameter yang lebih besar. Jaringan kambium dapat memperbanyak sel-sel xilem ke dalam sehingga membentuk lapisan-lapisan kayu baru, atau sel-sel floem ke luar sehingga membentuk lapisan-lapisan kulit baru. Proses ini dikenal sebagai pertumbuhan sekunder.

Kambium memiliki dua jenis, yaitu kambium vaskuler dan kambium felogen. Kambium vaskuler terdapat pada tumbuhan berbiji dan menghasilkan jaringan kayu dan kulit, sedangkan

kambium felogen terdapat pada beberapa tumbuhan seperti pohon cemara dan menghasilkan jaringan kulit saja.

Kambium memainkan peran penting dalam pembentukan lingkaran tahunan pada kayu. Selama musim tumbuh, kambium memproduksi sel-sel xilem yang besar dan aktif, sedangkan selama musim dingin, aktivitas kambium melambat dan menghasilkan sel-sel xilem yang lebih kecil. Proses ini menghasilkan pola lingkaran tahunan pada kayu. Pada kayu yang lebih tua, kambium menjadi kurang aktif dan dapat mengalami degenerasi.

D = Kayu gubal (Sapwood)

Lapisan kayu yang berada di luar dan terletak di antara kambium dan kayu teras. Kayu gubal terdiri dari sel-sel hidup yang masih berfungsi mengangkut air dan nutrisi dari akar ke daun. Presentasinya bervariasi antara 10-50% tergantung pada usia pohon dan jenis kayu.

Kayu gubal atau sapwood adalah bagian kayu yang berada di antara kulit kayu dan kayu teras atau inti kayu. Kayu gubal masih mengandung sel hidup yang mampu menghantarkan air dan nutrisi ke bagian-bagian pohon yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kayu gubal biasanya berwarna lebih terang dan lebih mudah diproses daripada kayu teras.

Kayu gubal mengandung banyak air dan nutrisi, sehingga rentan terhadap serangan hama kayu dan pembusukan. Seiring dengan bertambahnya usia pohon, kayu gubal akan berubah menjadi kayu matang atau heartwood. Proses perubahan ini disebut dengan proses pembatasan kayu atau lignifikasi, di mana kayu akan menghasilkan senyawa lignin yang akan



memperkuat dinding sel kayu dan memberikan warna gelap pada kayu.

E = Kayu teras (Heartwood)

Bagian kayu yang berada di tengah dan telah mati. Kayu teras berfungsi sebagai penopang dan memberikan kekuatan pada pohon. Presentasinya bervariasi antara 30-90% tergantung pada usia pohon dan jenis kayu.

Kayu teras atau heartwood adalah bagian dari kayu yang terletak di bagian dalam dan merupakan bagian paling keras dan paling kuat dari sebuah pohon. Kayu teras berfungsi untuk memberikan dukungan struktural dan menahan berat pohon.

Kayu teras memiliki warna yang lebih gelap daripada kayu gubal karena telah mengalami proses pembatasan kayu atau lignifikasi. Proses ini membuat kayu teras menghasilkan senyawa lignin yang memberikan warna gelap pada kayu. Selain itu, kayu teras juga memiliki kandungan gula dan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan kayu gubal sehingga lebih tahan terhadap serangan hama kayu dan pembusukan.

Kayu teras juga memiliki sifat fisik dan mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan kayu gubal. Kayu teras lebih tahan terhadap tekanan, lentur, dan guncangan sehingga lebih sering digunakan untuk konstruksi bangunan dan perabot rumah tangga. Namun, karena kayu teras lebih keras, ia juga lebih sulit untuk diproses dan diolah.

F = Hati kayu (Pith)

Bagian dalam kayu yang terdiri dari sel-sel yang sudah mati dan tidak berfungsi lagi. Presentasinya sangat kecil, biasanya kurang dari 5% dari diameter batang kayu.

Hati kayu atau pith adalah bagian tengah dari batang kayu yang berbentuk silinder dan berisi jaringan lunak yang terdiri dari sel-sel parenkim. Hati kayu terletak di tengah-tengah batang kayu dan terhubung dengan jaringan pembuluh kayu yang ada di sekitarnya.

Hati kayu berfungsi untuk mengangkut nutrisi dan air dari akar ke bagian atas pohon. Selain itu, hati kayu juga berfungsi untuk memberikan dukungan struktural pada batang pohon.

Namun, hati kayu pada kayu dewasa tidak lagi berfungsi secara aktif dalam mengangkut nutrisi dan air. Oleh karena itu, pada kayu yang lebih tua, hati kayu seringkali tidak terlihat lagi karena telah tereduksi atau mengalami pembusukan.

Secara umum, hati kayu tidak memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena tidak memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik seperti kayu gubal dan kayu teras. Namun, hati kayu dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan pembuatan arang kayu.

G = Jari-jari kayu (Medullary rays)

Serat-sel berjalan melintang dari kulit kayu hingga hati kayu. Jari-jari kayu berfungsi sebagai saluran nutrisi dan mengangkut nutrisi dari daun ke bagian-bagian lain kayu. Presentasinya bervariasi antara 5-20% tergantung pada jenis kayu.

Hati kayu atau pith adalah bagian tengah dari batang kayu yang berbentuk silinder dan berisi jaringan lunak yang terdiri dari sel-sel parenkim. Hati kayu terletak di tengah-tengah batang kayu dan terhubung dengan jaringan pembuluh kayu yang ada di sekitarnya.

Hati kayu berfungsi untuk mengangkut nutrisi dan air dari akar ke bagian atas pohon. Selain itu, hati kayu juga berfungsi untuk memberikan dukungan struktural pada batang pohon.

Namun, hati kayu pada kayu dewasa tidak lagi berfungsi secara aktif dalam mengangkut nutrisi dan air. Oleh karena itu, pada kayu yang lebih tua, hati kayu seringkali tidak terlihat lagi karena telah tereduksi atau mengalami pembusukan.

Secara umum, hati kayu tidak memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena tidak memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik seperti kayu gubal dan kayu teras. Namun, hati kayu dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan pembuatan arang kayu.

### **3.3 Anatomi Kayu**

Pemahaman tentang anatomi kayu sangat penting dalam memahami struktur melintang kayu. Anatomi kayu meliputi struktur mikroskopis dari sel-sel kayu, serat kayu, dan pembuluh kayu yang membentuk kayu itu sendiri.

Anatomi kayu adalah studi tentang struktur internal kayu dan dapat memberikan gambaran tentang sifat fisik dan mekanik kayu. Struktur tampang melintang kayu memperlihatkan beberapa bagian kayu yang membentuk pola dan tekstur yang khas, dan anatomi kayu dapat membantu dalam memahami struktur tersebut.

Kayu teras, yang merupakan bagian tengah kayu, terdiri dari sel-sel kayu yang rapat dan keras. Pada struktur tampang melintang kayu, kayu teras biasanya membentuk pola lingkaran

yang teratur dan sempurna, yang membentuk cincin tahunan yang khas pada setiap jenis kayu.

Di sekitar kayu teras terdapat kayu gubal, yang terdiri dari sel-sel kayu yang lebih besar dan memiliki dinding sel yang lebih tipis. Kayu gubal biasanya lebih lunak dan memiliki warna yang lebih terang dibandingkan dengan kayu teras, dan di struktur tampang melintang kayu, kayu gubal dapat terlihat sebagai lapisan yang mengelilingi kayu teras.

Lapisan hati kayu terletak di luar kayu gubal dan biasanya memiliki serat kayu yang melengkung. Lapisan hati kayu biasanya lebih gelap dan keras dibandingkan dengan kayu gubal, dan di struktur tampang melintang kayu, lapisan hati kayu dapat terlihat sebagai lapisan terluar yang membentuk lingkaran tahunan.

Pembuluh kayu terlihat sebagai titik-titik kecil yang membentuk pola pada bagian tengah lingkaran tahunan, dan membawa air dan nutrisi ke seluruh bagian kayu. Selain itu, struktur serat kayu juga dapat terlihat pada struktur tampang melintang kayu, yang dapat memberikan informasi tentang sifat fisik dan mekanik kayu.

Dengan memahami anatomi kayu terkait struktur tampang melintang kayu, kita dapat mengidentifikasi jenis kayu, mengukur dimensi dan ukuran kayu, serta memanfaatkan kayu secara efektif untuk berbagai keperluan.

Sebagai contoh untuk mengukur dimensi dan ukuran kayu, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengukur diameter jari-jari kayu. Diameter jari-jari kayu dapat diukur dengan menggunakan penggaris atau alat pengukur yang sesuai. Diameter ini biasanya diukur pada

bagian paling luar kayu yang terlihat pada struktur melintang kayu.

2. Mengukur lebar hati kayu. Lebar hati kayu dapat diukur dengan menggunakan penggaris atau alat pengukur yang sesuai. Lebar ini dapat diukur pada bagian tengah struktur melintang kayu yang terlihat seperti pada gambar.
3. Mengukur ketebalan kayu gubal dan kayu teras. Ketebalan kayu gubal dan kayu teras dapat diukur dengan menggunakan penggaris atau alat pengukur yang sesuai. Ketebalan ini dapat diukur pada bagian paling dalam dari struktur melintang kayu.
4. Mengukur panjang dan lebar kayu. Panjang dan lebar kayu dapat diukur dengan menggunakan penggaris atau alat pengukur yang sesuai. Ukuran ini biasanya diukur pada permukaan bagian atas atau bawah kayu.

Selain itu, kita juga dapat mengukur dimensi dan ukuran kayu dari sudut pandang yang berbeda pada struktur melintang kayu. Pengukuran yang dilakukan dengan cermat dan teliti dapat membantu kita dalam menentukan ukuran dan dimensi kayu yang dibutuhkan untuk suatu proyek tertentu. Namun, perlu diingat bahwa dalam mengukur kayu dari struktur melintang, pengukuran tersebut hanya bersifat perkiraan karena adanya variasi dalam ketebalan kayu, lingkaran tahunan, dan bentuk kayu yang mungkin tidak terlihat pada tampak melintang kayu.

### 3.4 Pola Serat Kayu

Pola serat kayu merupakan ciri morfologi kayu yang khas dan dapat dilihat dari struktur melintang kayu. Pola serat kayu dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik kayu, seperti kekuatan, kekerasan, dan keawetan kayu.

Pola serat kayu pada struktur tampang melintang kayu terbentuk dari sel-sel kayu yang tersusun dalam bentuk serat yang saling terkait dan membentuk pola yang khas pada setiap jenis kayu. Pola serat kayu dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik kayu, seperti kekuatan, ketahanan terhadap tekanan dan lentur, serta kekakuan kayu.

Pola serat kayu dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu serat lurus (*straight grain*) dan serat melengkung (*curved grain*). Serat lurus terbentuk ketika serat kayu tumbuh lurus ke atas atau ke bawah, sejajar dengan sumbu kayu. Serat lurus cenderung memberikan kayu kekuatan dan kekakuan yang baik, sehingga sering digunakan dalam konstruksi bangunan dan perabotan.

Sementara itu, serat melengkung terbentuk ketika serat kayu tumbuh dalam arah melengkung atau zig-zag, dan dapat memberikan pola yang lebih dekoratif pada kayu. Namun, serat melengkung cenderung membuat kayu lebih lemah dan rentan terhadap retak dan pecah, sehingga lebih cocok digunakan dalam penggunaan dekoratif atau non-struktural.

Selain itu, pola serat kayu dapat berbeda-beda pada setiap bagian kayu, tergantung pada arah pertumbuhan dan lokasi bagian kayu tersebut. Bagian kayu yang tumbuh di dekat pusat kayu cenderung memiliki serat yang melengkung dan berputar,

sedangkan bagian kayu yang tumbuh di bagian pinggir memiliki serat yang lurus dan sejajar dengan sumbu kayu.

Dalam struktur tampang melintang kayu, pola serat kayu dapat memberikan informasi tentang sifat fisik dan mekanik kayu, dan dapat membantu dalam menentukan penggunaan yang tepat untuk setiap jenis kayu.

### **3.5 Lingkaran Tahunan**

Lingkaran tahunan terbentuk setiap tahun saat kayu tumbuh. Dari struktur melintang kayu, kita dapat melihat pola lingkaran tahunan, jumlah lingkaran tahunan, serta ketebalan lingkaran tahunan yang dapat memberikan informasi tentang umur, pertumbuhan, dan kualitas kayu.

Lingkaran tahunan adalah salah satu fitur yang penting dalam struktur tampang melintang kayu. Lingkaran tahunan terbentuk dari perbedaan pertumbuhan kayu antara musim kemarau dan musim hujan. Pada musim hujan, kayu tumbuh lebih cepat karena kelembaban dan sumber air yang cukup, sedangkan pada musim kemarau, pertumbuhan kayu melambat karena kekeringan.

Lingkaran tahunan terlihat seperti cincin-cincin yang membentuk pola melingkar pada struktur tampang melintang kayu. Jumlah lingkaran tahunan pada suatu kayu dapat digunakan untuk mengetahui umur kayu tersebut. Selain itu, lebar lingkaran tahunan dapat memberikan informasi tentang kondisi lingkungan pada saat kayu tersebut tumbuh.

Pola pertumbuhan dari tampak melintang kayu dapat dikenali dari cincin pertumbuhan kayu yang tampak sebagai garis-garis yang terbentuk pada kayu. Cincin pertumbuhan terbentuk karena perbedaan dalam kecepatan pertumbuhan antara musim yang satu dengan musim yang lain. Biasanya, cincin pertumbuhan kayu terdiri dari cincin-cincin yang lebih terang (berdiameter besar) yang disebut sebagai kayu musim hujan dan cincin-cincin yang lebih gelap (berdiameter kecil) yang disebut sebagai kayu musim kemarau.

Untuk mengetahui pola pertumbuhan kayu dari tampak melintang kayu, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Amati cincin pertumbuhan kayu pada tampak melintang kayu dengan menggunakan lensa pembesar atau mikroskop. Cincin pertumbuhan kayu terlihat seperti garis-garis yang melingkar.
2. Hitung jumlah cincin pertumbuhan pada kayu. Semakin banyak cincin pertumbuhan, berarti semakin tua umur kayu.
3. Perhatikan lebar cincin pertumbuhan pada kayu. Cincin pertumbuhan yang lebih lebar menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dan subur, sedangkan cincin pertumbuhan yang lebih sempit menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dan kurang subur.
4. Jika terdapat perbedaan lebar cincin pertumbuhan pada kayu, perhatikan cincin pertumbuhan yang lebih gelap dan yang lebih terang. Biasanya, cincin pertumbuhan yang lebih terang terbentuk selama musim hujan, sementara cincin pertumbuhan yang lebih gelap terbentuk selama musim kemarau.



Kayu dengan lingkaran tahunan yang rapat dan lebar cenderung tumbuh dalam kondisi lingkungan yang baik, sedangkan kayu dengan lingkaran tahunan yang jarang dan sempit cenderung tumbuh dalam kondisi lingkungan yang buruk. Oleh karena itu, lebar lingkaran tahunan dapat menjadi indikator kualitas kayu, terutama dalam hal kekuatan dan ketahanannya.

Selain itu, pola lingkaran tahunan pada struktur tampang melintang kayu juga dapat memberikan indikasi tentang jenis kayu tersebut. Beberapa jenis kayu memiliki pola lingkaran tahunan yang khas, seperti kayu jati yang memiliki lingkaran tahunan yang rapat dan sejajar, sementara kayu pinus cenderung memiliki lingkaran tahunan yang lebih terlihat dan melengkung.

Dalam analisis struktur tampang melintang kayu, pengamatan lingkaran tahunan dapat memberikan informasi yang sangat penting tentang sifat dan karakteristik kayu. Oleh karena itu, pengamatan dan analisis lingkaran tahunan sering menjadi salah satu bagian penting dalam penilaian kualitas kayu.

Analisis lingkaran tahunan dari struktur melintang kayu dapat memberikan informasi yang sangat berguna tentang kondisi pertumbuhan pohon, seperti iklim, lingkungan, dan pengaruh manusia pada kayu tersebut. Berikut adalah langkah-langkah untuk menganalisis lingkaran tahunan dari struktur melintang kayu:

1. Pertama-tama, perhatikan jumlah lingkaran tahunan yang terlihat pada kayu. Lingkaran tahunan adalah garis-garis melingkar yang membentuk lingkaran pada permukaan kayu.

2. Hitung jumlah lingkaran tahunan tersebut. Jumlah lingkaran tahunan pada kayu menunjukkan umur pohon ketika kayu tersebut dipotong atau ditebang.
3. Ukur lebar lingkaran tahunan. Setiap lingkaran tahunan mewakili satu tahun pertumbuhan pohon. Semakin lebar lingkaran tahunan, pertumbuhan pohon semakin subur pada tahun tersebut.
4. Analisis lebar lingkaran tahunan. Selain lebar lingkaran tahunan, perhatikan juga perbedaan lebar lingkaran tahunan antara tahun-tahun yang berbeda. Lingkaran tahunan yang lebih lebar menunjukkan kondisi lingkungan yang baik, seperti curah hujan yang tinggi dan iklim yang stabil. Sebaliknya, lingkaran tahunan yang lebih sempit menunjukkan kondisi lingkungan yang buruk, seperti kekeringan, kebakaran hutan, dan pengaruh manusia.
5. Perhatikan pola lingkaran tahunan. Pola lingkaran tahunan dapat memberikan informasi tentang pertumbuhan pohon selama beberapa tahun, seperti periode musim kemarau dan musim hujan.

Dengan menganalisis lingkaran tahunan dari struktur melintang kayu, dapat memberikan informasi yang berharga tentang kondisi lingkungan di masa lalu, serta membantu untuk menentukan kualitas kayu yang akan digunakan untuk berbagai keperluan, seperti konstruksi, pembuatan perabot, dan lain sebagainya.

### 3.6 Jenis Kayu

Dari struktur melintang kayu, kita juga dapat mempelajari dan mengidentifikasi jenis kayu. Setiap jenis kayu memiliki ciri-ciri morfologi yang khas, seperti pola serat kayu, warna kayu, jenis pembuluh kayu, dan kepadatan kayu.

Jenis kayu dapat dilihat dari tampak melintang kayu, terutama jika kita memperhatikan ciri-ciri morfologi yang khas dari masing-masing jenis kayu. Beberapa ciri morfologi kayu yang dapat dilihat dari struktur melintang kayu adalah sebagai berikut:

1. Pola serat kayu: Pola serat kayu adalah ciri morfologi kayu yang paling mudah dikenali dari struktur melintang kayu. Pola serat kayu dapat membantu mengidentifikasi jenis kayu, seperti apakah kayu tersebut termasuk jenis kayu keras atau kayu lunak.
2. Warna kayu: Warna kayu juga dapat membantu mengidentifikasi jenis kayu. Beberapa jenis kayu memiliki warna yang khas, seperti kayu meranti yang memiliki warna merah muda hingga merah kecoklatan.
3. Kepadatan kayu: Kepadatan kayu dapat dilihat dari pola dan ketebalan lingkaran tahunan pada struktur melintang kayu. Beberapa jenis kayu memiliki kepadatan yang berbeda-beda, seperti kayu jati yang memiliki kepadatan yang tinggi.
4. Jenis pembuluh kayu: Jenis pembuluh kayu juga dapat membantu mengidentifikasi jenis kayu. Pembuluh kayu pada kayu keras biasanya lebih besar dan mudah dilihat dari struktur melintang kayu.

Namun, untuk mengidentifikasi jenis kayu dengan tepat, diperlukan pengetahuan yang luas tentang morfologi kayu dan pengalaman dalam mengidentifikasi jenis kayu. Selain itu, terdapat beberapa jenis kayu yang memiliki ciri morfologi yang mirip, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut menggunakan metode kimia atau fisika untuk mengidentifikasi jenis kayu secara akurat.

Setiap jenis kayu memiliki karakteristik dan pola yang khas pada struktur tampang melintangnya, yang membedakannya dari jenis kayu lainnya. Berikut adalah beberapa contoh jenis kayu dan ciri-ciri struktur tampang melintangnya:

1. Kayu Jati Kayu jati memiliki serat yang rapat dan halus dengan lingkaran tahunan yang terlihat jelas pada struktur tampang melintangnya. Kayu jati juga memiliki warna coklat kekuningan hingga coklat tua dan tekstur kayu yang keras dan padat.
2. Kayu Mahoni Kayu mahoni memiliki serat yang cukup halus dan lurus, dengan warna kayu merah kecoklatan pada struktur tampang melintangnya. Lingkaran tahunan pada kayu mahoni juga terlihat cukup jelas.
3. Kayu Pinus Kayu pinus memiliki serat yang cukup kasar dan bulu-bulu pada struktur tampang melintangnya. Lingkaran tahunan pada kayu pinus biasanya terlihat lebih jelas dan melengkung. Kayu pinus juga memiliki warna kayu yang lebih terang.
4. Kayu Merbau Kayu merbau memiliki serat yang cukup halus dan melengkung dengan warna kayu coklat kekuningan pada struktur tampang melintangnya.

Lingkaran tahunan pada kayu merbau terlihat jelas namun kurang teratur.

5. Kayu Kelapa Kayu kelapa memiliki serat yang cukup kasar dan berbentuk spiral pada struktur tampang melintangnya. Kayu kelapa juga memiliki warna kayu yang terang dan kadang-kadang memiliki bercak-bercak hitam.

Karakteristik struktur tampang melintang kayu dapat menjadi petunjuk yang sangat berguna dalam mengenali jenis kayu yang sedang diamati. Oleh karena itu, pengamatan struktur tampang melintang kayu menjadi salah satu keterampilan penting dalam penilaian kualitas kayu.

Adapun dalam membuktikan kualitas kayu dari tampak melintang kayu dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

1. Melihat kualitas serat kayu. Serat kayu yang lurus dan teratur menunjukkan kayu yang berkualitas baik. Sedangkan serat kayu yang tidak teratur dan melengkung dapat menunjukkan adanya cacat atau kerusakan pada kayu.
2. Memeriksa kondisi lingkaran tahunan. Lingkaran tahunan yang lebar dan teratur menunjukkan pertumbuhan yang baik pada pohon, sementara lingkaran tahunan yang sempit atau tidak teratur dapat menunjukkan adanya kekeringan atau faktor lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan pohon yang baik.
3. Mengamati adanya cacat pada kayu. Cacat pada kayu seperti lubang, bercak, atau retak dapat menunjukkan adanya kerusakan pada kayu, yang dapat memengaruhi kualitas dan kekuatan kayu.

4. Melakukan pengujian kekuatan kayu. Pengujian kekuatan kayu dapat dilakukan dengan menguji kayu pada berbagai kondisi beban dan menentukan batas kekuatan kayu. Kayu yang memiliki batas kekuatan yang tinggi menunjukkan kualitas kayu yang baik.
5. Memeriksa kadar air dalam kayu. Kayu yang memiliki kadar air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat memengaruhi kualitas kayu. Kadar air yang ideal untuk kayu biasanya berkisar antara 8-12%.
6. Mengecek warna kayu. Warna kayu yang cerah dan seimbang menunjukkan kayu yang berkualitas baik. Warna kayu yang pudar atau tidak merata dapat menunjukkan adanya kerusakan atau cacat pada kayu.

Dalam melakukan pengecekan kualitas kayu dari tampak melintang kayu, sebaiknya dilakukan oleh ahli kayu atau tenaga profesional yang berpengalaman dalam mengidentifikasi kualitas kayu. Hal ini untuk memastikan bahwa hasil analisis kualitas kayu yang didapatkan benar dan dapat diandalkan.

### **3.7 Sifat Fisik dan Mekanik Kayu**

Struktur melintang kayu dapat memberikan informasi tentang sifat fisik dan mekanik kayu, seperti kekuatan, kekerasan, keawetan, dan sifat lainnya. Informasi ini dapat digunakan untuk menentukan kegunaan dan potensi kayu sebagai bahan bangunan, furnitur, atau bahan lainnya.

### **3.7.1 Sifat Fisik Kayu**

Kayu memiliki sifat fisik yang berbeda-beda tergantung pada jenis kayu, kondisi lingkungan tempat tumbuhnya, serta proses pengolahan dan pengawetan yang dilakukan. Beberapa sifat fisik kayu yang umumnya diukur dan dipertimbangkan dalam penggunaannya sebagai bahan bangunan atau industri antara lain:

#### **1. Kandungan Air**

Salah satu sifat fisik penting dari kayu adalah kandungan air atau kelembapannya. Kandungan air dalam kayu dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik dan mekanik kayu, seperti berat jenis, kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap serangan organisme pengurai.

Kandungan air dalam kayu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, seperti kelembaban udara, suhu, dan ketinggian tempat. Kayu yang baru dipanen atau ditebang memiliki kandungan air yang tinggi, yaitu sekitar 100% berat kering. Kandungan air kayu ini harus dikurangi atau dihilangkan melalui proses pengeringan sebelum kayu dapat digunakan untuk keperluan tertentu, seperti bahan bangunan atau bahan baku industri.

Pada saat pengeringan kayu, terjadi perubahan struktur mikro dan makro kayu yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekaniknya. Kandungan air kayu yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan kerapuhan dan retak-retak pada kayu. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kandungan air kayu dalam batas yang aman untuk mempertahankan sifat fisik dan mekanik yang optimal.

## 2. Kepadatan dan Berat Jenis

Kepadatan kayu dapat didefinisikan sebagai berat kayu per unit volume. Kepadatan kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti spesies kayu, umur pohon, kondisi tumbuh, dan sejarah pertumbuhan. Semakin tua pohon, maka kepadatan kayu cenderung semakin tinggi karena jumlah sel kayu yang lebih banyak. Namun, beberapa spesies kayu memiliki kepadatan yang lebih tinggi meskipun masih muda.

Berat jenis kayu merupakan rasio antara berat suatu benda dengan volume yang dimilikinya. Berat jenis kayu sering digunakan untuk menghitung berat kayu yang diperlukan dalam suatu konstruksi. Berat jenis kayu juga berkaitan erat dengan kekuatan kayu, karena semakin tinggi berat jenis kayu maka kekuatan kayu cenderung semakin tinggi pula.

Umumnya, kayu memiliki berat jenis antara 0,2 hingga 1,2 g/cm<sup>3</sup>, tergantung pada jenis dan keadaan kayu. Kayu yang padat biasanya memiliki berat jenis yang lebih tinggi daripada kayu yang kurang padat atau berpori-pori. Kayu dengan berat jenis yang tinggi cenderung lebih tahan terhadap beban dan tekanan, namun lebih sulit untuk diproses dan dipotong. Sedangkan kayu dengan berat jenis yang rendah lebih mudah untuk diproses dan dipotong, namun cenderung lebih rapuh dan kurang tahan terhadap beban dan tekanan.



### 3. Cacat Kayu

Cacat kayu merujuk pada segala jenis ketidaknormalan yang terdapat pada kayu baik secara fisik, mekanik, maupun visual. Beberapa jenis cacat kayu yang umum terjadi adalah sebagai berikut:

Kecacatan fisik: Merupakan kecacatan yang terjadi akibat pengaruh fisik seperti goresan, cacat mekanis seperti retak, dan bentuk tidak normal.

Kecacatan jamur: Merupakan kecacatan yang terjadi akibat adanya infeksi jamur pada kayu. Infeksi jamur dapat merusak kayu dengan membusukkannya dan membuat kayu tidak stabil.

Kecacatan serangga: Merupakan kecacatan yang terjadi akibat serangan serangga pada kayu. Serangga dapat membuat lubang pada kayu dan membuat kayu lebih mudah rusak.

Cacat visual: Merupakan kecacatan yang terjadi pada permukaan kayu dan mudah dilihat dengan mata telanjang seperti nodul, goresan, dan noda.

Cacat pada kayu dapat memengaruhi kualitas kayu dan dapat menurunkan nilai jualnya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan kecacatan kayu sebelum digunakan dalam berbagai aplikasi.

#### 3.7.2 Sifat Mekanik Kayu

Kayu memiliki sifat mekanik yang sangat penting untuk memahami kekuatan dan kegunaannya dalam berbagai aplikasi. Beberapa sifat mekanik penting dari kayu adalah:

## 1. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik kayu yang mengacu pada kemampuan kayu untuk menahan gaya tarik sebelum terjadi patah atau pecah. Kekuatan tarik kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis kayu, kelembaban kayu, arah serat kayu, dan adanya cacat kayu.

Kekuatan tarik kayu diukur dalam satuan tekanan yang disebut dengan megapascal (MPa) atau pound per inci persegi (psi). Nilai kekuatan tarik kayu bervariasi tergantung pada jenis kayu, namun secara umum kayu keras memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada kayu lunak.

Kelembaban kayu juga mempengaruhi kekuatan tarik kayu. Kayu yang terlalu kering cenderung menjadi rapuh dan mudah patah, sedangkan kayu yang terlalu basah cenderung menjadi lemah dan mudah terkikis. Oleh karena itu, kelembaban kayu harus dijaga agar tetap berada pada kisaran yang ideal.

Arah serat kayu juga mempengaruhi kekuatan tarik kayu. Kayu memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi sejajar dengan arah serat kayu, namun lebih lemah jika ditarik tegak lurus dengan arah serat kayu.

Cacat kayu seperti simpul, retak, dan lubang juga dapat mempengaruhi kekuatan tarik kayu. Kayu dengan cacat yang besar atau banyak cenderung memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Oleh karena itu, dalam memilih kayu untuk keperluan konstruksi, penting untuk

memilih kayu yang bebas dari cacat kayu yang berpotensi mengurangi kekuatan tarik kayu.

## 2. Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*)

Kekuatan tekan adalah salah satu sifat mekanik kayu yang menggambarkan kemampuan kayu dalam menahan gaya tekan. Kekuatan tekan tergantung pada jenis kayu, arah serat kayu, dan kelembaban kayu. Secara umum, kayu memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik, namun masih dapat digunakan dalam konstruksi yang memerlukan kemampuan menahan tekanan.

Untuk mengukur kekuatan tekan kayu, dapat dilakukan uji tekan dengan menggunakan mesin uji. Dalam pengujian ini, kayu diletakkan pada posisi tegak lurus terhadap arah gaya tekan dan kemudian diberikan beban tekan secara perlahan-lahan hingga kayu pecah atau terjadi deformasi permanen pada kayu.

Kekuatan tekan kayu umumnya lebih tinggi pada arah sejajar serat kayu, karena struktur sel kayu pada arah tersebut lebih teratur dan padat. Sedangkan pada arah tegak lurus serat kayu, kekuatan tekan kayu akan lebih rendah. Oleh karena itu, pada konstruksi kayu, kayu umumnya diletakkan pada posisi yang memungkinkan arah serat kayu sejajar dengan gaya tekan yang diberikan, agar kekuatan tekan kayu dapat dimanfaatkan secara maksimal.

### 3. Kekuatan Lentur (*Flexural Strength*)

Kekuatan lentur adalah sifat mekanik kayu yang mengukur daya tahan kayu terhadap beban lentur atau bengkok. Kekuatan lentur kayu dapat dilihat dari modulus elastisitas (E) dan modulus kekuatan (MOR) kayu pada uji lentur tiga poin.

Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan kayu dan dapat dihitung dengan membagi tegangan pada titik elastisitas kayu dengan regangan kayu. Modulus kekuatan mengukur daya tahan kayu terhadap beban lentur maksimum sebelum kayu patah atau rusak.

Kekuatan lentur kayu dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kayu, orientasi serat kayu, kelembaban kayu, dan cacat pada kayu. Kayu dengan kekuatan lentur yang tinggi umumnya lebih cocok digunakan untuk konstruksi seperti balok dan tiang.

### 4. Kekuatan Geser (*Shear Strength*)

Kekuatan geser kayu merupakan kemampuan kayu untuk menahan gaya geser yang diterapkan pada arah serat kayu. Kekuatan geser kayu umumnya lebih rendah dibandingkan kekuatan tarik dan tekan kayu. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan sifat mekanik pada berbagai arah dalam struktur kayu, sehingga arah geser cenderung lebih rentan terhadap kerusakan.

Kekuatan geser kayu dapat diukur melalui uji geser yang dilakukan pada benda uji kayu dengan ukuran tertentu. Hasil uji tersebut kemudian dihitung untuk mendapatkan nilai kekuatan geser kayu pada arah serat.

Kekuatan geser kayu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis kayu, kelembaban kayu, arah serat, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, pemilihan kayu yang memiliki kekuatan geser yang cukup kuat sangat penting dalam konstruksi struktur kayu yang membutuhkan kemampuan menahan gaya geser.

#### 5. Kekerasan (*Hardness*)

Sifat mekanik kayu berupa kekerasan merupakan kemampuan kayu untuk menahan goresan atau penetrasi benda keras pada permukaannya. Kekerasan kayu dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis kayu, kelembaban, arah serat, dan sebagainya. Secara umum, kayu yang keras memiliki nilai kekerasan yang tinggi dan cenderung lebih sulit untuk diolah. Nilai kekerasan kayu dapat diukur menggunakan alat uji kekerasan seperti Brinell Hardness Test atau Janka Hardness Test.

#### 6. Elastisitas (*Elasticity*)

Elastisitas kayu adalah kemampuan kayu untuk kembali ke bentuk awalnya setelah diberi beban atau tekanan. Sifat elastisitas ini sering diukur dengan modulus elastisitas ( $E$ ) atau sering juga disebut dengan modulus Young. Modulus elastisitas adalah rasio antara tegangan yang diberikan terhadap regangan yang dihasilkan pada kayu.

Kayu yang memiliki modulus elastisitas yang tinggi akan lebih sulit melengkung atau bengkok, dan cenderung lebih tahan terhadap deformasi dan patah. Kayu-kayu dengan tekstur serat yang lurus, seperti kayu jati, memiliki elastisitas yang lebih baik dibandingkan dengan kayu-

kayu dengan tekstur serat yang bercabang, seperti kayu meranti.

#### 7. Kestabilan Dimensi (*Dimensional Stability*)

Sifat ini mengacu pada kemampuan kayu untuk tidak berubah bentuk atau ukuran ketika terkena perubahan kelembaban atau suhu. Kayu yang stabil dimensi sangat penting untuk aplikasi seperti lantai dan panel dinding.

#### 8. Perilaku pada Temperatur Tinggi

Kayu memiliki sifat termal yang berbeda-beda tergantung pada jenis dan kandungan airnya. Pada suhu tinggi, kayu dapat terbakar dan mengeluarkan gas beracun, sehingga harus diperhatikan penggunaannya dalam lingkungan yang rentan terhadap kebakaran.

Selain itu, pada suhu tinggi, sifat mekanik kayu juga dapat berubah, tergantung pada kondisi lingkungan. Pada suhu yang sangat tinggi, kayu akan mengalami pengurangan kekuatan dan kekakuan, sehingga perlu diperhitungkan dalam desain dan penggunaannya. Pada suhu yang lebih rendah, kayu dapat mengalami perubahan dimensi, yang dapat menyebabkan deformasi atau keretakan. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan penggunaan kayu dalam lingkungan dengan variasi suhu yang besar atau suhu tinggi yang konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mulyati. (2015). Bahan Ajar Struktur Kayu pertemuan I,II,III. In *Struktur Kayu* (pp. 1–17).
- Sushardi, Bowo Woesono, H., & Hadi, D. S. (2023). Keragaman Sifat Anatomi Kayu Sengon dan Kemungkinan Penggunaannya sebagai Bahan Furniture. *Jurnal Wana Tropika*, 12(02), 70–79. <https://doi.org/10.55180/jwt.v12i02.295>





# **BAB 4**

## **SIFAT FISIS KAYU**

**Oleh Hamzah Al Imran**

### **4.1 Pendahuluan**

Kayu merupakan material yang digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan, kayu masih banyak diminati para pengguna, walaupun saat ini banyak material lain yang digunakan sebagai bahan konstruksi seperti baja, beton, plastik, dan lain-lain. (Apri Heri Iswanto, 2008).

Sifat fisik kayu merupakan ciri-ciri atau karakter kayu secara fisik. Untuk sifat fisik kayu ditentukan dari lokasi tempat tumbuhnya pohon seperti kondisi cuaca dan nutrisi tanah di lokasi yang menjadi tempat pohon tersebut tumbuh. Karakter fisik kayu ditentukan dari beberapa faktor yaitu bobot, tekstur, corak serat, warna dan lain-lain (Eko Hidayat, 2021).

Fungsi dari sifat fisik pada kayu berguna sesuai yang digunakan, misalnya dalam pembuatan plafon rumah, kusen jendela sifat fisik kayu yang digunakan yaitu kayu yang memiliki corak serat yang indah dan memiliki tekstur yang halus.

Beberapa sifat fisik kayu memberikan kelebihan dan ciri khas tersendiri yang tidak bisa ditemukan pada jenis material lainnya seperti warna kayu, bau dan rasa, serat kayu, kepadatan kayu, kekerasan kayu, kadar air, penyusutan dan konduktivitas panas/listrik.

4.2 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Bahan pembentuk kayu (zat kayu) mempunyai berat jenis lebih besar daripada air, yaitu sekitar 1.5 untuk semua jenis kayu, tetapi kayu yang kering umumnya akan terapung di air. Hal tersebut terjadi akibat banyaknya rongga sel dan pori-pori yang ada pada kayu. Variasi rongga-rongga dan ketebalan dinding sel yang menyebabkan beragamnya berat jenis pada setiap jenis kayu.

Berat jenis kayu sangat baik untuk dipakai sebagai indikator kekuatan kayu karena mempunyai hubungan yang baik terutama pada kayu bebas cacat. Berat jenis juga merefleksikan keberadaan getah serta zat ekstraktif yang peranannya tidak begitu besar pada kekuatan kayu.

Setiap jenis kayu memiliki berat jenis yang berbeda, berkisar diantara 0,2 t/m<sup>3</sup> sampai dengan 1,28 t/m<sup>3</sup> . Besaran berat jenis yang dicantumkan biasanya adalah nilai rata-rata dan dalam kurung dicantumkan nilai minimum dan maksimum empiris, contoh bj kering : 0,80 (0,69-0,90).

Semakin tinggi berat jenis dan kerapatan kayu, semakin kuat kayu tersebut. Semakin tinggi berat jenis dan kerapatan kayu, semakin banyak kandungan zat kayu pada dinding sel artinya semakin tebal dinding sel kayu. Kekuatan kayu terletak pada dinding sel ini. Semakin kecil berat jenisnya (semakin ringan ) semakin berkurang kekuatannya.

**Tabel 4.1.** Berat jenis kayu

| Kategori     | Berat jenis | Jenis kayu                               |
|--------------|-------------|------------------------------------------|
| Sangat Berat | > 0.90      | Giam, Balau, Kempas                      |
| Berat        | 0.75 – 0.89 | Jati, Kulim, Kamper, Keruing             |
| Agak Berat   | 0.60 – 0.75 | Bintagur, Meranti, Nyatoh, Ramin, Mahoni |

| Kategori | Berat jenis | Jenis kayu                         |
|----------|-------------|------------------------------------|
| Ringan   | < 0.59      | Pinus, Balsa, Jabon, Sengon, Suren |

Sumber : Konstruksi Kayu

### 4.3 Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air di dalam kayu dipengaruhi oleh kelembaban udara di sekitar kayu. Apabila udara sangat lembab, maka kadar air di dalam kayu akan meningkat, dan akan membuat kayu mengembang. Apabila kelembaban udara di sekitarnya sangat rendah, maka kadar air di dalam kayu juga akan menurun dan bisa membuat kayu menyusut. Level kadar air di dalam kayu akan mencapai titik keseimbangannya antara 8-12%, atau juga disebut Equilibrium Moisture Content (EMC).

Air dalam kayu terdapat dalam dua bentuk yaitu air bebas yang terdapat dalam rongga sel dan air terikat yang terdapat pada dinding sel. Kondisi dimana dinding sel jenuh dengan air sedangkan rongga sel kosong, dinamakan kondisi kadar air pada titik jenuh serat. (Simpson, et.al, 1999 : Brown,et al.,1952), dalam Apri Heri iswanto, 2008. Kadar air titik jenuh serat besarnya tidak sama untuk setiap jenis kayu, hal ini disebabkan oleh perbedaan struktur dan komponen kimia. Pada umumnya kadar air titik jenuh serat besarnya berkisar antara 25-30 % (panshin, et.al,1964) dalam Apri Heri iswanto, 2008. Besarnya titik jenuh serat berkisar antara 20-40%.

## 4.4 Warna Kayu

Kayu yang berbeda warna disebabkan oleh zat-zat pengisi warna pada kayu tersebut. Contoh kayu jati yang tidak diragukan lagi merupakan salah satu spesies kayu keras terbaik di dunia dengan kelebihan sifat-sifat keawetan alami, ketahanan terhadap cuaca, keindahan warna dan tekstur kayunya.

Keawetan alami dan warna selalu menjadi beberapa pertimbangan utama oleh konsumen untuk menilai kualitas kayu. Untuk warna kayu dengan permukaan gelap lebih disukai, terutama untuk produk ekspor sebagai penanda bahwa kayu tersebut berasal dari daerah tropiks. Dua sifat tersebut secara teknis dipengaruhi oleh zat ekstraktif dalam suatu kayu (Hillis 1987; Hon dan Minemura 2001). Pengaruh umur pohon terhadap keawetan alami atau kadar ekstraktif Jati telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Da Costa et al. 1958; Narayanamurthi et al. 1962; Syafii 2000; Bhat dan Florence 2003). Meskipun demikian, data tentang warna dan komponen ekstraktif berdasarkan umur pada kayu tersebut.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi warna kayu, seperti yang disajikan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Faktor yang mempengaruhi warna kayu

|   | Warna Gelap/lebih jelas | Warna lebih terang |
|---|-------------------------|--------------------|
| 1 | Bagian kayu teras/inti  | Bagian kayu gubal  |
| 2 | Kayu yang lebih tua     | Kayu muda          |
| 3 | Sudah lama ditebang     | Baru ditebang      |
| 4 | Kayu kering             | Kayu basah         |

## **Jenis-Jenis Warna Kayu**

Jenis kayu warna terang memiliki daya tarik tersendiri untuk diolah menjadi bahan yang lebih bermanfaat. Setiap kayu memiliki karakter yang berbeda-beda, baik dari segi warna, kualitas, maupun tingkat ketahanannya. Warna yang dihasilkan dari kayu ternyata dapat membuat tampilan produk kayu yang dihasilkan tambah menarik dan juga indah.

### **1. Kayu Karet**

Kayu karet memiliki warna yang cerah dan juga merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan sebagai bahan untuk furniture. Kayu karet juga termasuk jenis kayu dengan masa panen yang cukup cepat. Pohon yang satu ini selain digunakan bagian kayunya, juga diambil pada bagian getah karet tersebut untuk diolah kembali. Dari segi kualitasnya, kayu karet termasuk jenis kayu yang mudah untuk diserang hama pemakan kayu dan juga jamur. Kayu ini termasuk jenis kayu yang tidak tahan terhadap serangan jamur, dikarenakan apabila kayu ini ditebang dan dibiarkan saja selama beberapa waktu, maka kayu ini akan mudah terserang jamur.

Dengan demikian kayu karet ini membutuhkan perawatan yang khusus apabila ditebang agar tidak ada jamur maupun hama pemakan kayu yang menyerang kayu ini. Kayu karet juga banyak digunakan dalam bidang perkayuan untuk dijadikan sebagai furniture, mebel, ataupun produk olahan kayu yang lainnya.



**Gambar 4.1.** kayu karet (sumber : <https://catbesi.com/mengenal-jenis-kayu-warna-putih/>)

## 2. Kayu jati Putih

Kayu jati dengan warna terang dilihat dari kualitasnya sudah tidak diragukan lagi. Kayu jati putih sama seperti jenis kayu jati yang lainnya, memiliki sifat yang kuat serta tahan lama. Jati putih ini memiliki tekstur yang kuat dan juga kokoh. Selain itu, kayu jati ini juga tidak mudah diserang oleh hama pemakan kayu dan juga jamur. Kayu jati putih banyak digunakan dalam bidang perkayuan untuk mebel, furniture, ukiran, serta produk olahan kayu yang lainnya. Karena sifat dari kayu jati ini yang mudah untuk dikerjakan. Kayu jati termasuk jenis kayu jati yang kuat dan tahan lama sehingga jenis kayu ini juga mudah untuk dilakukan perawatan.



**Gambar 4.2.** Kayu Jati putih dengan warna terang  
(sumber : <https://catbesi.com/mengenal-jenis-kayu-warna-putih/>)

### 3. Kayu jabon

Kayu jabon sebagai jenis kayu warna terang, merupakan jenis kayu dengan warna putih dan ada pula yang berwarna kekuningan. Kayu ini termasuk jenis kayu yang banyak dicari oleh para pengrajin kayu karena memiliki banyak manfaat yang sangat berguna. Jenis kayu ini memiliki tekstur yang bagus dengan serat yang lurus, sedangkan apabila disentuh maka bagian permukaan kayu akan terasa licin. Kayu jabon termasuk jenis kayu yang kurang mengkilat dan juga tidak berbau.

Kayu ini banyak digunakan dalam bidang industri kayu dikarenakan sifat kayu jabon yang mudah untuk dikerjakan serta diproses. Keunggulan yang lain dari kayu jabon ini adalah tidak mudah menyusut. Dari segi keawetan kayu jabon ini tidak termasuk jenis kayu yang awet. Tingkat keawetan pada kayu jabon ini pada kelas V, sehingga kayu jabon memerlukan treatment yang khusus agar kayu ini lebih tahan lama serta tidak mudah untuk diserang oleh hama pemakan kayu. Dalam proses pengeringan kayu jabon, maka

perlu kehati-hatian karena kayu ini akan pecah apabila dikeringkan.



**Gambar 4.3** Kayu jabon (sumber : <https://catbesi.com/mengenal-jenis-kayu-warna-putih/>)

#### 4. Kayu Pinus

Kayu pinus dengan warnanya yang terang sangat sering dimanfaatkan untuk menjadi berbagai bentuk furniture. Dengan warnanya yang terang, tidak salah jika serat dari kayu ini juga tampak semakin menonjol. Sering dijuluki sebagai kayu jati belanda, pinus juga termasuk kayu yang populer. Kayu ini juga biasa digunakan untuk menjadi salah satu pengganti kayu jati karena harganya jauh lebih murah.

Pengolahan kayu pinus biasanya banyak diolah untuk menjadi mebel dengan tema minimalis. Sangat cocok digunakan untuk mempercantik hunian yang juga mengusung tema minimalis yang semakin banyak diaplikasikan belakangan ini. Sebaiknya Anda memanfaatkan kayu jati belanda ini untuk menjadi Kayu pinus cenderung mudah terpengaruh lingkungan, baik pengaruh langsung dari terik sinar matahari atau karena hujan. Kayu ini mudah keropos jika terus terusan terkena hujan. Kayu jati belanda



ini juga lebih rentan terhadap serangan jamur dan serangga jika digunakan pada area outdoor.



**Gambar 4.4.** Log Kayu Jati Belanda (Pinus)

## 5. Kayu Sungkai

Kayu sungkai dengan warna terang dimanfaatkan untuk diolah menjadi bahan baku furniture, jenis kayu ini memiliki warna kombinasi antara putih dan kekuningan.

Kayu sungkai termasuk jenis kayu yang banyak dikenal di Indonesia. Sehingga wajar jika kayu ini juga banyak dimanfaatkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat Indonesia. Meskipun tidak bisa memiliki kualitas kayu dengan kekuatan sekelas jati maupun sonokeling, kayu ini tetap menarik untuk diolah. Penggunaan kayu sungkai tidak memiliki tingkat kekerasan sebaik jati sehingga menyebabkan mudah retak.



**Gambar 4.5.** Kayu Sungkai log

## 6. Kayu Mindi

Mindi dikenal dengan kayu yang cukup ekonomis, namun tetap berkualitas. Kayu mindi mempunyai ketahanan atau kekuatan kayu ini cenderung berada pada level atau kelas sedang, secara kualitas kayu ini memiliki ketahanan yang setara dengan kayu mahoni.

Kayu mindi memiliki ketahanan yang kurang baik terhadap serangan organisme pengganggu. Diantaranya adalah serangan serangga pemakan kayu seperti rayap, dengan berbagai karakteristik termasuk kelemahannya, masih banyak masyarakat yang memilih untuk menggunakan kayu ini. Pengolahannya bukan hanya sebagai bahan baku mebel melainkan berbagai produk lainnya. Diantaranya seperti papan tulis, veneer dan berbagai produk lainnya.

Secara karakteristik, kayu ini memiliki warna yang menarik. Kayu mindi pada umumnya memiliki rentang warna terang yang cukup menarik. Warna alami atau asli kayu mindi berkisar dari warna coklat muda hingga merah, dengan serat yang lurus.

## 4.5 Keawetan Kayu

Keawetan kayu alami adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, dll. Keawetan kayu tersebut disebabkan adanya zat ekstraktif di dalam kayu yang merupakan unsur racun bagi perusak kayu. Zat ekstraktif tersebut terbentuk pada saat kayu gubal berubah menjadi kayu teras sehingga pada umumnya kayu teras lebih awet dari kayu gubal.

Contoh zat-zat tersebut seperti, tectoquinon pada kayu jati, silica pada kayu ulin dan lain-lain, sehingga jenis kayu-kayu ini mempunyai cukup keawetan secara alami. Klasifikasi kayu di Indonesia membagi tingkat keawetan kayu ke dalam 5 kelas awet

Tingkat keawetan kayu dapat dilihat dari beberapa pengukuran antara lain :

1. Kayu berada di tanah lembab
2. Kayu berada di tempat yang tidak terlindung, namun air tidak dapat masuk ke dalam tempat penyimpanan
3. Kayu berada di tempat yang terlindung
4. Kayu berada di tempat yang terlindung dan dipelihara, serta daya tahan kayu terhadap rayap dan serangan diamati
5. Kayu dimakan oleh rayap
6. Kayu dimakan oleh serangan lain seperti kumbang

**Tabel 4.3.** Tingkat/Kelas Keawetan Kayu

| Pengukuran | I              | II             | III            | IV               | V              |
|------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| 1          | 8 tahun        | 5 tahun        | 3 tahun        | Singkat Sekali   | Singkat Sekali |
| 2          | 20 tahun       | 15 tahun       | 10 tahun       | Beberapa Tahun   | Singkat sekali |
| 3          | Tidak Terbatas | Tidak terbatas | lama           | 10-20 tahun      | Singkat        |
| 4          | Tidak terbatas | Tidak terbatas | Tidak terbatas | Minimum 20 tahun | Maks. 20 tahun |
| 5          | Tidak          | Tidak          | Agak cepat     | Cepat sekali     | Cepat sekali   |
| 6          | Tidak          | Tidak          | Tidak          | Tidak berbahaya  | Cepat sekali   |

Sumber : <https://crona.id/pembagian-jenis-kayu-berdasarkan-keawetan-dan-kekuatannya/>

## 4.6 Serat

Sifat kayu ini menunjukkan arah sel-sel kayu di dalam kayu terhadap sumbu batang pohon. Arah serat dapat ditentukan oleh alur-alur yang terdapat pada permukaan kayu. Kayu dikatakan berserat lurus, jika arah sel-sel kayunya sejajar dengan sumbu batang. Contoh kayu Jabon, kapur, kruing, matoa, nyatoh, ramin Jika arah sel-sel itu menyimpang atau membentuk sudut terhadap sumbu panjang batang dikatakan kayu itu berserat mencong. Serat mencong dapat dibagi lagi menjadi :

1. Serat berpadu, bila batang kayu terdiri dari lapisan-lapisan yang berselang seling, menyimpang ke kiri dan ke kanan terhadap sumbu batang. contoh kayu kulim, renghas, meranti, (kapur), (kruing), (matoa), (ramin)
2. Serat berombak, serat-serat kayu yang membentuk gambaran berombak. Contoh kayu merbau, kempas

3. Serat terpilin, serat-serat kayu yang membuat gambaran terpilin/terpuntir, seolah-olah batang kayu dipilin mengelilingi sumbu. Contoh kayu bintangur, damar dll.

Serat berkaitan dengan sifat kayu, yang menunjukkan arah umum sel-sel kayu di dalam kayu terhadap sumbu batang pohon. Arah serat dapat ditentukan oleh arah alur-alur yang terdapat pada permukaan kayu. Kayu dikatakan berserat halus, jika arah sel-sel kayunya sejajar dengan sumbu batang. Jika arah sel-sel itu menyimpang atau membentuk sudut terhadap sumbu panjang batang, maka kayu itu dikatakan berserat mencong. Serat mencong dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu serat berpadu, serat berombak, serat terpilin, dan diagonal.  
<https://www.tneutron.net/seni/sifat-sifat-umum-kayu>

1. Serat berpadu  
Jika batang kayu terdiri dari lapisan-lapisan yang berselang-seling, menyimpang ke kiri dan ke kanan terhadap sumbu batang, dikatakan berserat berpadu. Contohnya adalah kayu kulim, rengas dan kapur.
2. Serat berombak  
Serat berombak adalah serat-serat kayu yang membentuk gambaran berombak. Contohnya adalah kayu rengas dan merbau.
3. Serat terpilin  
Serat terpilin adalah serat-serat kayu yang membentuk gambaran terpilin (puntiran), seolah-olah batang kayu tersebut dipilin mengelilingi sumbu. Contohnya adalah kayu bintangur, kapur dan damar.
4. Serat diagonal  
Serat diagonal adalah serat yang terdapat pada potongan kayu atau papan, yang digergaji sedemikian rupa sehingga tepinya tidak sejajar arah sumbu, tetapi membentuk sudut dengan sumbu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowyer J.L., Shmulsky, R & Haygreen, J. G. (2003). Forest products and wood science: An Introduction. Fourth Edition. Amer, Iowa, USA. Iowa State Press a Blackwell Publishing Company.
- Brown, H.P., Panshin A.J. & Forsaith C.C Testbook of Wood Technology. Volume II . McGraw-Hill Book Company. Toronto. London.
- Meyer, R.W., & Barton, G.M. 1971. A relationship between collapse and extractives in Western Red Cedar. Forest Products Journal, 21(4), 58-60
- Durand, P.Y. (1985). Contribution to the study of determination tables of drying physical properties of wood. Tropical Timber and Forest, 207, 63-78
- Dumanauw, J.F. Megenal Kayu, Yogyakarta Kanisius 2003, <http://katalogdisperpusipprovjambi.perpusnas.go.id/detail-opac?id=11883>
- Heri Iswanto. Apri, 2008, Sifat Fisis Kayu: Berat Jenis dan kadar Air pada Beberapa Jenis kayu, Karya Tulis, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Lukmandaru, Ganis. (2009). Sifat Kimia dan warna Kayu teras Jati pada Tiga Umur Berbeda, Jurnal Tropical Wood Science and Technology, Vol. 7, No. 1, 2009.

- Listyanto, T., Lukmandaru, G., Pramadya, C., Siswanto, D., & Hattori, N. (2010). *Relationship between wood properties and developed drying schedule of inferior teak (Tectona grandis L.f) and mahogany (Swietenia macrophylla King)*. Wood Research Journal, 1(2), 83—88
- Prijasambada. 2020. Konstruksi Kayu. Fakultas Teknik UPI, YAI, Jakarta
- Siau, J.F. Flow in Wood. Syracuse University. Press New York. Pp 1 -67
- T.Panennungi, Pertiwi Nurlita. Ilmu Bahan Bangunan, 2019, Badan Penerbit UNM, ISBN 978-602-5554-20-9





# **BAB 5**

## **SIFAT HIGROSKOPIS KAYU**

**Oleh Nenny**

### **5.1 Pendahuluan**

Kayu merupakan bahan yang bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara di sekelilingnya. Kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit dan dapat terbakar terutama dalam keadaan kering.

Susunan sel yang berbeda pada bidang yang terdapat pada kayu menyebabkan kayu memiliki sifat yang berbeda pada tiga bidang yang dimilikinya yaitu tangensial, radial, dan longitudinal yang biasa disebut dengan sifat anisotropis. Sebagai akibat dari sifat higroskopis dan anisotropis menyebabkan kayu memiliki karakteristik yang unik dibandingkan bahan lain yaitu mengalami kembang susut yang berbeda pada arah tiga dimensinya (tangensial, radial, dan longitudinal).

Kelembaban kayu sangat dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara pada suatu saat. Makin lembab udara di sekitarnya akan makin tinggi pula kelembaban kayu sampai keseimbangan dengan lingkungannya. Dengan masuknya air ke dalam kayu itu, maka berat kayu akan bertambah. Selanjutnya masuk dan keluarnya air dari kayu menyebabkan kayu itu basah atau kering. Akibatnya kayu itu akan mengembang atau menyusut (Dumanauw,2003).

Perubahan-perubahan kadar air umumnya sangat besar pada permukaan kayu dimana perubahan-perubahan kadar air berlangsung cepat. Sebaliknya di bagian dalam kayu perubahan kadar air lebih lambat, sebab waktu yang dibutuhkan oleh air untuk berdifusi dari atau ke bagian luar kayu lebih lama. Oleh karena itu, dalam sepotong kayu umumnya terdapat dua kelainan kadar air kayu, yaitu kadar yang rendah (kecil) pada permukaan kayu dan kadar air yang tinggi (besar) pada bagian dalam kayu.

Kayu bersifat higroskopis yaitu menyerap air pada kondisi lebih kering dan akan melepas air pada kondisi lebih basah dari lingkungannya. dan umumnya pohon yang masih berdiri mengandung air hingga 200 – 300 % dari volume pohon tersebut. Apabila pohon ditebang dan kayunya diambil, maka kayu tersebut akan mulai kehilangan kadar airnya karena tidak lagi mampu menyerap air dan akan melepaskan air karena kondisi lingkungan di sekitarnya.

Kadar air kayu berturut-turut dimulai dari kondisi segar, basah, titik jenuh serat, kadar air tertentu, kering udara dan kering tanur. Brown et al. (1952) menyatakan kadar air kayu adalah banyaknya air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya. Dengan demikian standar kekeringan kayu adalah pada saat kering tanur.

Air di dalam kayu terdiri dari dua bentuk air terikat dan air bebas. Air terikat adalah air yang terdapat pada dinding sel. Air bebas terdapat pada rongga sel. Jumlah air bebas tergantung porositas dan volume kayu (Siau, 1971).

Air dalam kayu terdiri dari air bebas dan air terikat dimana keduanya secara bersama-sama menentukan kadar air kayu.

Air dalam kayu segar terletak di dalam dinding sel dan dalam rongga kayu. Apabila kayu dikeringkan selama pengelolaan semua cairan dalam rongga sel dikeluarkan. Akan tetapi, rongga sel akan selalu berisi sejumlah uap air. Selama terdapat air di dalam rongga sel, dinding sel akan jenuh. Selain itu, kebanyakan sifat fisis kayu (selain berat) tidak dipengaruhi oleh perbedaan mengenai banyaknya air dalam rongga sel (Haygreen dan Bowyer, 1996). Dalam satu pohon kadar air segar bervariasi tergantung tempat tumbuh dan umur pohon (Haygreen dan Bowyer, 1993).

Kollmann dan Cote (1968) menyatakan bahwa biasanya kayu akan bertambah kuat apabila terjadi penurunan kadar air, terutama bila terjadi dibawah titik jenuh serat. Berat, penyusutan, kekuatan dan sifat lainnya tergantung pada kadar air kayu.

## **5.2 Kadar Lengas Kayu**

Kayu tidak begitu peka terhadap perubahan temperatur udara, tetapi sangat peka terhadap perubahan kelembaban udara. Kadar lengas kayu akan berubah banyak karena penambahan kelembaban udara apabila temperatur tetap, sebaliknya kadar lengas kayu tetap atau tidak berubah banyak karena perubahan temperatur dengan kelembaban udara yang tetap.

Perubahan kadar lengas kayu menyebabkan mengembang dan menyusutnya kayu, disamping mempengaruhi pula sifat-sifat fisik dan mekanik kayu. Sel-sel kayu mengandung air,

sebagian mengisi ruangan antar sel, disebut dengan air bebas (free water), dan sebagian menembus dinding sel dan ditahan oleh pori-pori dinding sel tersebut, dan air ini disebut dengan air ikat (imbebet water). Apabila kayu mengering, air bebas akan keluar terlebih dahulu, baru air ikat akan meninggalkan dinding-dinding sel jika kayu terus mengering. Pada saat air bebas telah habis keluar, keadaan ini disebut dengan titik jenuh serat (fiber saturation point). Kadar lengas pada saat itu sekitar 25 % - 35 %, tergantung dari jenis kayunya ( untuk kayu jati  $\pm$  28%).

Apabila kayu mengering dibawah titik jenuh seratnya, dinding-dinding sel menjadi semakin padat, dan serat-serat kayu menjadi semakin kuat dan kokoh.

Kadar air atau sering juga disebut kadar lengas kayu sangat berpengaruh terhadap mutu kayu. Dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia tahun 1961, bab II pasal 3 ayat I, disebutkan bahwa mutu kayu dibedakan menjadi dua macam yaitu: kayu bermutu A dan kayu bermutu B, dimana yang disebut kayu bermutu A adalah kayu kering udara atau kayu yang mempunyai kadar lengas antara 12 % sampai 18 %. Kayu dapat digolongkan ke dalam kayu bermutu B apabila kayu tersebut mempunyai kadar lengas kurang dari 30 % dan tidak termasuk kedalam kayu mutu A dengan kualitas 75% mutu A.

Untuk menentukan apakah kadar lengas kayu sudah di bawah 30 % atau belum dapat digunakan rumus pendekatan seperti di bawah ini:

$$X = \frac{1.15Gx - Gku}{Gku} \times 100\%$$

Dimana :       $X$       : Kadar lengas kayu (%)

$Gx$       : Berat benda uji mula-mula

$Gku$       : Benda uji setelah kering udara

Bila berat benda uji sudah menunjukkan angka yang konstan, maka kayu tersebut sudah dapat dianggap kering udara, sehingga kadar lengas kayu dapat diperoleh dengan cara:

$$X = \frac{Gx - Gku}{Gku} \times 100\%$$

### 5.3 Perubahan Dimensi kayu

Perubahan dimensi dalam penggunaan kayu sangat penting terutama sebagai bahan konstruksi. Dengan mengetahui kondisi penyusutan kayu maka dapat dihindari adanya cacat-cacat kayu dalam penggunaan yang terjadi akibat tidak memperhitungkan adanya penyusutan kayu. Penyusutan kayu bisa disebabkan terjadinya retak, melengkung, terpuntir atau sambungan kayu yang rusak akibat penyusutan kayu dalam penggunaannya.

Kayu akan mengembang bila kadar lengasnya bertambah dan menyusut bila kadar lengasnya berkurang, tetapi besarnya kembang susut itu tidak sama dalam berbagai arah. Kembang

susut kayu dapat dibedakan menjadi tiga macam ditinjau dari arahnya, yaitu arah radial (menuju ke pusat), arah tangensial (searah dengan garis singgung), dan arah axial (sejajar dengan arah panjang batang). Untuk semua jenis kayu kembang susut itu dipengaruhi oleh derajat panas dan angka rapat kayu (Soewarno, 1976).

Penyusutan dan pengembangan adalah perubahan dimensi kayu yang disebabkan oleh perubahan kadar air dibawah titik jenuh serat (Brown 1952). Penambahan air atau lain-lain zat cair yang peler pada zat dinding sel akan menyebabkan jaringan mikrofibril itu mengembang sebanding dengan banyaknya cairan yang ditambahkan. Penambahan air selanjutnya akan menyebabkan pengembangan dimensi. Keadaan ini berlangsung terus sampai titik jenuh serat tercapai. Penambahan air pada kayu setelah mencapai titik jenuh serat tidak menyebabkan perubahan volume substansi dinding sel karena penambahan air pada tingkatan ini terkonsentrasi dalam lumen. Sebaliknya keluarnya air dari dinding sel dibawah titik jenuh serat akan menyebabkan dinding sel menyusut. Perubahan dimensi ini biasanya diekspresikan sebagai persentase dari volume segar atau ukuran kayu segar (Brown, 1952).

Variasi dalam penyusutan dapat berbeda pada spesies yang sama di bawah kondisi yang sarna, hal ini disebabkan oleh tiga faktor, yaitu:

1. Ukuran dan bentuk potongan. Ini berpengaruh pada orientasi serat dalam potongan dan keseragaman kandungan air di seluruh tebal kayu.
2. Kerapatan contoh uji. Semakin tinggi kerapatan contoh uji semakin banyak kecenderungan untuk menyusut.

3. Laju pengeringan contoh uji. Dibawah kondisi pengeringan yang cepat, tegangan integral terjadi karena perbedaan penyusutan. Hal ini sering mengakibatkan penyusutan akhir yang lebih kecil daripada kalau tidak terjadi - hal tersebut, namun sebaliknya sejumlah spesies menyusut lebih banyak daripada normal apabila dikeringkan di bawah suhu tinggi (Haygreen, 1989).

Pengembangan dan penyusutan kayu tidak sama pada berbagai arah. Untuk kayu normal perubahan dimensi dalam arah longitudinal adalah: 0,1% sampai dengan 0,2% (pengerutan total). Dalam arah radial pengerutan total ini bervariasi antara 2,1% sampai dengan 8,5%, sedangkan dalam arah tangensial angka ini lebih kurang dua kali angka pengerutan radial, bervariasi antara 4,3% sampai dengan 14%. Umumnya angka yang rendah berlaku untuk kayu-kayu yang ringan, angka tinggi untuk kayu-kayu yang berat. (Sunardi, 1976).

Penyebab perbedaan besarnya penyusutan arah tangensial dan radial ini karena beberapa ciri anatomis antara lain: jaringan jari-jari, rapat pada dinding radial, dominasi kayu musim Panas dalam arah tangensial dan perbedaan-perbedaan dalam jumlah zat dinding sel secara radial dengan tangensial. (Haygreen, 1989)

## **5.4 Hubungan Berat Jenis dengan Higroskopis**

Kayu memiliki berat jenis yang berbeda-beda berkisar antara 0.2-1.28 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis kayu merupakan suatu petunjuk dalam menentukan kekuatan kayu tersebut. Berat jenis juga merupakan indeks yang paling baik dan paling

sederhana dari kekuatan kayu bebas cacat. Dengan demikian, bila berat jenis kayu tinggi maka kekuatan kayu pun juga ikut naik. Ini disebabkan karena berat jenis atau kerapatan merupakan pengukur banyaknya zat kayu yang ada dalam kayu segar.

Kerapatan yang lebih tinggi berasal dari proporsi yang lebih besar dari sel– sel dengan dinding sel tebal dan rongga sel sempit. Ini memberikan kekuatan yang lebih besar pada kayu bebas cacat yang lebih padat. Kekuatan kayu yang efektif tergantung pada banyaknya zat dinding sel, proporsi dinding sel yang ada dalam kayu, dan banyaknya zat ekstraktif dalam rongga sel kayu.

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi berat jenis kayu dalam hubungan dengan kekuatan kayu tersebut :

- 1. Susunan dari masing-masing sel kayu tersebut
- 2. Ketebalan dinding sel, semakin tebal dinding sel semakin besar berat jenis kayu
- 3. Komposisi kimia dari dinding sel atau ukuran dan jumlah pori.

**Tabel 5.1.** Kelas Kuat berdasarkan berat jenis kayu (PPKI,1961)

| Kelas Kuat Kayu | Berat jenis Kayu (gr/cm3) |
|-----------------|---------------------------|
| I               | >0.9                      |
| II              | 0.9 – 0.6                 |
| III             | 0.6 – 0.4                 |
| IV              | 0.4 – 0.3                 |
| V               | >0.3                      |



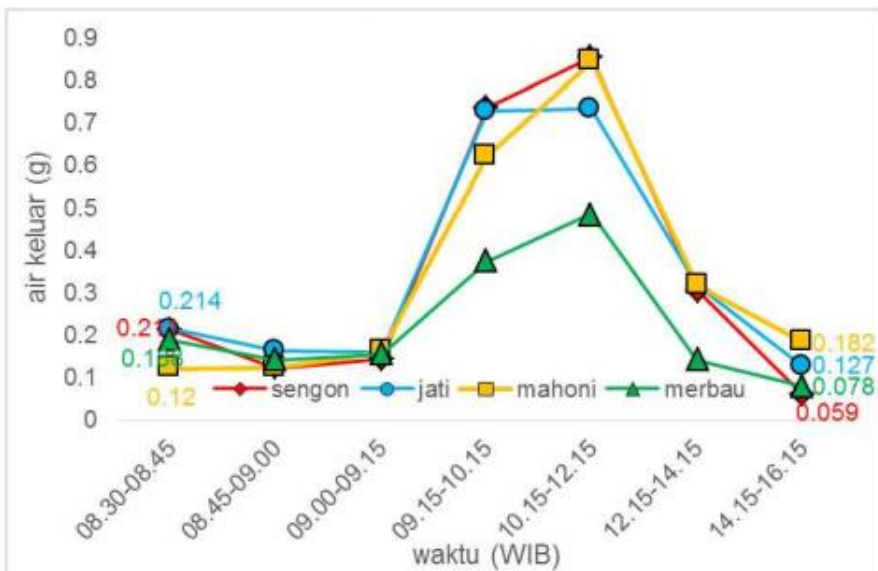
Sifat higroskopis kayu adalah kemampuan di dalam menyerap dan melepaskan air. Kondisi ini sangat berhubungan erat dengan jenis kayu dan lingkungan sekitar tempat kayu tersebut diletakkan.

Higroskopisitas kayu dapat dikatakan sebagai salah satu sifat yang sedikit banyak merugikan karena akan berpengaruh pada stabilitasnya (Harijadi, 2009). Selain itu, sifat higroskopis dalam hal ini saat kayu menyerap air, akan menjadikan kayu tersebut lebih lembab dan menjadi stimulan berbagai cendawan/jamur perusak kayu untuk masuk ke jaringan.

Salah satu faktor internal kayu yang mempengaruhi sifat higroskopisitas ini diduga adalah berat jenisnya (B). Berat jenis merupakan salah satu sifat fisis kayu yang sangat penting dan mendasar yang dapat digunakan untuk menilai mutu suatu kayu (Kasmudjo, 2010; Marsoem et al., 2014). Semakin tinggi nilai BJ maka akan semakin tinggi pula nilai kekuatan kayunya (Haygreen dan Bowyer, 1992).

Berat jenis setiap jenis kayu berbeda dan akan berpeluang berbeda pula dalam kemampuan menyerap dan melepaskan air. Hubungan antara Berat Jenis sebagai salah satu sifat fisis dengan sifat higroskopisitas yang belum diketahui. Pengetahuan akan hal ini akan memberikan gambaran salah satunya bagaimana seharusnya memperlakukan jenis kayu yang beragam terutama dalam hal penanganan saat penyimpanan dan pengeringan mengacu pada nilai BJ jenis-jenis kayu tersebut. Kerapatan yang sangat erat kaitannya dengan BJ merupakan hal yang penting untuk diketahui guna bagaimana menyusun metoda pengeringan jenis-jenis kayu

(Meyer dan Barton, 1971;; Hisada dan Sato, 1976;; Durand, 1985). Tentunya, penanganan tersebut juga harus memperhatikan tujuan yang ingin dicapai dari penyediaan sortimen kayu tersebut. Metoda penanganan pengeringan kayu adalah hal yang sangat penting untuk dilakukan (Listyanto, 2010). Pengetahuan akan sifat higroskopis kayu mutlak diperlukan terutama terkait bagaimana air hilang dari material kayu. Dari hasil penelitian Adik Bahanawan, dkk, 2020 yakni hubungan nilai perbedaan berat jenis dengan tingkat perbedaan kehilangan air dari beberapa jenis kayu dapat dilihat pada grafik dibawah ini



**Gambar 5.1.** Hubungan rerata kehilangan air jenis-jenis kayu terhadap waktu pengukuran (Adik Bahanawan,dkk,2020)

Berdasarkan gambar 5.1 menunjukkan fluktuasi nilai kehilangan air tiap waktu pengukuran. Secara garis besar, gambar tersebut menjelaskan bahwa semakin lama interval waktu pengovenan maka akan semakin banyak pula air hilang. Hasil penelitian menunjukkan rerata kehilangan air/15 menit untuk sengon, jati, mahoni dan merbau berturut-turut adalah 0,158 g ; 0,178 g; 0,133 g dan 0,161 g. Hasil tersebut menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dikarenakan pengukuran dilakukan pada awal waktu, yaitu pada 08.45 WIB, 09.00 WIB dan 09.15 WIB. Hal berbeda mulai nampak pada rerata kehilangan air selama 60 menit berturut-turut untuk sengon, jati mahoni dan merbau adalah 0,632 g; 0,593 g; 0,594 g dan 0,333 g. Hasil ini sudah mulai menunjukkan tren bahwa semakin tinggi nilai BJ, maka akan semakin rendah nilai kehilangan air yang terjadi. Pengetahuan akan hal ini nantinya dapat digunakan sebagai referensi pengelolaan kayu lebih spesifik pada penanganan pengeringan jenis-jenis kayu yang mempunyai tingkat BJ berbeda-beda. Perbedaan spesies dengan perbedaan BJnya akan membutuhkan penanganan pengeringan yang berbeda-beda pula.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adik Bahanawan, Teguh Darmawan, Wahyu Dwianto, 2020. Hubungan sifat berat jenis dengan sifat higroskopisitas melalui pendekatan nilai rerata kehilangan air, Jurnal Riset Industri Hasil Hutan Vol.12, No.1, Juni 2020: 1- 8, DOI: <http://dx.doi.org/10.24111/jrihh.v12i1.5643>
- Bowyer J.L., Shmulsky, R & Haygreen, J. G. (2003). Forest products and wood science: An Introduction. Fourth Edition. Amer, Iowa, USA. Iowa State Press a Blackwell Publishing Company.
- Brown,H.P., Panshin A.J. & Forsaith C.C Testbook of Wood Technology. Volume II . McGraw-Hill Book Company. Toronto. London.
- Meyer, R.W., & Barton, G.M. 1971. A relationship between collapse and extractives in Western Red Cedar. Forest Products Journal, 21(4), 58-~60
- Durand, P.Y. (1985). Contribution to the study of determination tables of drying physical properties of wood. Tropical Timber and Forest, 207, 63-~78
- Dumanauw, J.F. Megenal Kayu, Yogyakarta Kanisius 2003, <http://katalogdisperpusipprovjambi.perpusnas.go.id/detail-opac?id=11883>
- Listyanto, T., Lukmandaru, G., Pramadya, C., Siswanto, D., & Hattori, N. (2010). Relationship between wood properties and developed drying schedule of inferior teak (*Tectona grandis* L.f) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Wood Research Journal, 1(2), 83—88
- Siau,J.F. Flow in Wood. Syracuse University. Press New York. Pp 1 -67

# **BAB 6**

## **SIFAT MEKANIK KAYU**

**Oleh Hasmar Halim**

### **6.1 Pendahuluan**

Pohon adalah tumbuhan yang telah ada selama 400 juta tahun dan telah digunakan oleh manusia selama ribuan tahun. Pohon menghasilkan kayu dari bagian batang/cabang/ranting pohon yang mengeras akibat pertumbuhan atau penuaan alami pohon. Kayu terbentuk dari akumulasi selulosa dan lignin pada dinding sel berbagai jaringan batang pohon.

Kayu adalah hasil hutan berbentuk gelondongan/batangan. Potongan kayu tersebut dapat mengidentifikasi bagian-bagian dari suatu struktur kayu antara lain dapat diketahui kandungan empulur lunak. Selain itu dapat diketahui cincin luar, inti kayu, gubal dan kulit kayu. Meski berbagai bahan bangunan telah dikembangkan untuk dipasarkan namun kayu tetap memegang peranan penting dalam pembangunan rumah. Kayu relatif ringan, mudah ditangani dan sangat kuat, Rasio berat lebih tinggi dari jenis bahan bangunan lainnya hal ini merupakan pilihan menggunakan sebagian besar masih menggunakan material kayu pada Bagian-bagian tertentu dari struktur bangunan. Dan dikenal sebagai bahan bangunan dalam pembangunan rumah tinggal, bahkan pada rumah tradisional. Kayu sebagai bahan bangunan memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan

lainnya, namun juga memiliki kekurangan seperti mudah terbakar, mudah menyusut, dan adanya variasi sifat dalam jenis yang sama, bahkan dalam batang pohon yang sama (Aghayere & Vigil, 2007). Sebagai bahan yang diproduksi oleh alam, kayu menunjukkan kekuatan dan kekakuan yang berbeda pada jenis kayu yang berbeda, antara batang kayu dari jenis kayu yang sama, dan bahkan antara pohon yang sama. Variasi kekuatan dan kekakuan kayu tersebut dipengaruhi oleh berat jenis dan cacat-cacat yang dimiliki oleh batang kayu tersebut seperti mata kayu, miring serat, retak dan sebagainya.

Namun, kelemahan utama kayu adalah adanya organisme dalam kondisi tertentu sebagai bagian dari siklus biologis dalam struktur kayu. (Schmidt, 2006). Untuk memastikan keamanan struktur, kekuatan kayu harus dinilai atau diukur secara non-destruktif terlebih dahulu, yang dikenal sebagai *wood grading*. Penyortiran pohon dapat dilakukan secara visual atau mekanis.

## 6.2 Struktur Kayu

Elemen yang bahan pendukungnya terdiri dari kayu disebut sebagai struktur kayu. Dalam perkembangannya, struktur kayu sering digunakan sebagai salah satu alternatif dalam desain bangunan seperti pasangan kuda-kuda struktur atap, rangka atau gelagar jembatan, formwork, kolom dan balok lantai bangunan. Pada dasarnya kayu merupakan material alam dengan banyak kelemahan struktural. Saat menggunakan kayu sebagai bahan bangunan harus diperhatikan sifat-sifatnya fisik dan mekaniknya. Oleh karena itu, konstruksi kayu relatif tidak sepopuler material beton dan material baja. Alhasil, tren saat ini adalah menggeser peran dari kayu dari material struktural menjadi material perabot atau menjadi bahan dekoratif.

Sebagai bahan bangunan, kayu memiliki kekuatan yang bervariasi. Secara khusus (Fatoni, 2008):

1. Menahan Tarikan.

Kekuatan maksimum yang dapat ditahan kayu searah dengan serat, dan kekuatan tarik searah serat lebih besar dibandingkan dengan kekuatan melintang serat.

2. Menahan Tekanan (Desak).

Kayu juga dapat menahan beban tekan yang searah dengan dan melintang serat, seperti pada struktur bantalan rel kereta api. Kuat tarik melintang serat lebih kecil dari kuat tarik searah serat.

3. Menahan Lenturan.

Kayu juga mampu menahan gaya lentur yang terjadi, dimana besaran gaya yang bekerja dipengaruhi oleh variabel jenis kayu, luas penampang, berat sendiri kayu, lebar bentangan. Dengan demikian beban sendiri maupun beban kejut yang terjadi dapat ditahan oleh struktur kayu.

### **6.3 Penggolongan Kekuatan Kayu**

Kayu dikenal sebagai material multifungsi yang menopang kehidupan masyarakat. Kayu sebagai produk biologis memiliki berbagai karakteristik. Kualitas kayu juga bervariasi tergantung spesiesnya. Hal ini membutuhkan pengetahuan dan pemahaman tentang kayu, terutama dalam hal mengklasifikasikan kayu berdasarkan kualitas, kekuatan, dan keawetannya. Penggunaan kayu pada bangunan terutama untuk penggunaan jangka panjang sebagai bahan bangunan.

Saat ini, produk kayu sangat beragam. Produk kayu solid/kayu rumahan umumnya berupa kayu gergajian yang berbentuk gelondongan atau papan. Saat ini produk kayu olahan tersedia dalam bentuk veneer, triplek, kayu lapis dan bahkan kayu laminasi (*glue laminated timber*).

### 6.3.1 Klasifikasi Mutu Kayu

Klasifikasi kualitas kayu adalah tingkat kualitas kayu yang diukur dengan mengklasifikasikan kayu secara visual menurut kualitas permukaan kayu, seperti misalnya: Cacat kayu, serat dan kelurusan serta kelembaban kayu .

(Ariesadi, 2008) ada tiga jenis kayu yang beredar di pasaran, yaitu mutu A, B dan C. Kayu dengan mutu C adalah kayu yang tidak termasuk dalam kelas mutu A dan mutu B. Menurut PPKI (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia) 1961, kayu grade A dan B harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: (Departemen Pekerjaan Umum dan Ketenagalistrikan. Direktorat Cipta Karya, 1979).

1. Syarat kayu mutu A:
  - a) Nilai kadar air maksimum 15%.
  - b) Mata kayu berukuran maksimum  $\frac{1}{6}$  dari lebar permukaan pohon dan tidak melebihi 3,5 cm.
  - c) Kandungan gubal (*wanvlak*) pada kayu lebih kecil dari  $\frac{1}{10}$  dari lebar permukaan kayu
  - d) Kemiringan arah serat dengan tangen maksimum  $\frac{1}{10}$ ;
  - e) Retakan radial yang diperbolehkan harus kurang dari  $\frac{1}{4}$  tebal kayu dan arah lingkaran pertumbuhan tidak lebih dari  $\frac{1}{5}$  tebal kayu.



## 2. Syarat kayu mutu B:

- a) Nilai kadar air maksimum berkisar 15% – 30%;
- b) Mata kayu berukuran maksimum  $\frac{1}{4}$  dari lebar permukaan pohon dan tidak melebihi 5 cm.
- c) Kandungan gubal (wanvlak) pada kayu lebih kecil dari  $\frac{1}{10}$  dari lebar permukaan kayu
- d) Kemiringan arah serat dengan tangan maksimum  $\frac{1}{7}$ ;
- e) Retakan radial yang dibolehkan harus kurang dari  $\frac{1}{4}$  dari tebal kayu dan retak arah lingkaran pertumbuhan maksimum  $\frac{1}{4}$  dari tebal kayu.

### 6.3.2 Klasifikasi Kekuatan kayu

Kekuatan lentur dan kuat tekan kayu saat dikeringkan dengan udara merupakan variabel dalam menentukan kelas kekuatan kayu. Kekuatan lentur ditentukan dengan menggunakan tegangan lentur maksimum yang dialami kayu sebelum patah (tegangan lentur absolut). Kuat tekan ditentukan berdasarkan tegangan tekan maksimum yang dialami kayu sebelum patah (tegangan tekan absolut). Nilai tegangan kayu dinyatakan dalam satuan kg/cm<sup>3</sup>. Secara umum, semakin kuat jenis kayu maka berat jenis (BJ) semakin tinggi.

Menurut PKKI 1961 klasifikasi kayu Indonesia dibagi menjadi 5 (lima) kelas kekuatan, yaitu kelas kekuatan I, II, III, IV dan V. Tegangan dan berat jenis masing-masing kelas kekuatan kayu. Seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 6.1** Kelas kuat kayu

| Kelas Kuat | Teg Lentur Mutlak (kg/cm3) | Teg. Tekanan Mutlak (kg/cm3) | Berat Jenis |
|------------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| I          | ≥ 1100                     | ≥ 650                        | ≥ 0,90      |
| II         | 1100 – 725                 | 650 – 425                    | 0,90 – 0,60 |
| III        | 725 – 500                  | 425 – 300                    | 0,60 – 0,40 |
| IV         | 500 – 360                  | 300 – 215                    | 0,40 – 0,30 |
| V          | ≤ 360                      | ≤ 215                        | ≤ 0,30      |

Sumber: (Sudarminto, 1983)

**6.3.3 Klasifikasi Keawetan kayu**

Klasifikasi keawetan kayu didasarkan pada ketahanan kayu terhadap pengaruh kelembaban, iklim (air dan matahari), rayap dan serangga lainnya, serta penggunaan kayu dalam konstruksi. Berdasarkan PPKI 1961, keawetan kayu dibagi menjadi 5 (lima) kategori, yaitu: kelas keawetan I, II, III, IV dan V. Masa pakai kayu dalam bangunan tergantung pada kondisi lingkungan atau penggunaan masing-masing kelas keawetan kayu diberikan pada Tabel 6.2. di bawah ini.

**Tabel 6.2.** Kelas keawetan kayu

| SIFAT PEMAKAIAN                                                                             | KELAS KEAWETAN |                |                |                |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                                                                                             | I              | II             | III            | IV             | V             |
| Selalu berhubungan dengan tanah lembab                                                      | 8 th           | 5 th           | 3 th           | Sangat pendek  | Sangat pendek |
| Hanya dipengaruhi cuaca, tetapi dijaga supaya tidak terendam air dan tidak kekurangan udara | 20 th          | 15 th          | 10 th          | Beberapa tahun | Sangat pendek |
| Dibawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan tidak kekurangan udara               | Tidak terbatas | Tidak terbatas | Sangat lama    | Beberapa tahun | pendek        |
| Seperti diatas tetapi dipelihara dengan baik dan dicat dengan teratur                       | Tidak terbatas | Tidak terbatas | Tidak terbatas | 20 th          | 20 th         |
| Serangan rayap tanah                                                                        | tidak          | jarang         | cepat          | Sangat cepat   | Sangat cepat  |
| Serangan bubuk kayu                                                                         | tidak          | tidak          | Hampir tidak   | Tidak berarti  | Sangat cepat  |

## **6.4 Sifat-sifat Mekanis Kayu**

Sifat mekanis kayu sebagai bahan bangunan adalah kekuatan atau kekokohan kayu yang dapat menahan beban/gaya yang diterimanya. Kayu dengan serat rapat umumnya memiliki kekuatan yang lebih besar daripada kayu dengan serat kurang rapat. Kayu lebih kuat saat dimuat di sepanjang serat daripada saat dimuat di sepanjang serat. Setiap jenis kayu memiliki kekuatan tarik, kuat tekan, kuat geser, kuat lentur, kuat puntir dan kuat belah. Kekuatan jenis kayu ini dijelaskan sebagai berikut (Frick, 1982):

### **6.4.1 Kuat Tarik**

Kekuatan tarik adalah kekuatan kayu untuk menahan tegangan atau gaya yang mencoba menarik kayu. Tegangan tarik masing-masing jenis kayu searah dengan arah serat, lebih besar dari tegangan tarik melintang dengan arah serat. Tegangan tarik searah serat berhubungan erat dengan ketahanan retak kayu.

Kekuatan tarik adalah kekuatan kayu untuk menahan tegangan atau gaya yang mencoba menarik kayu. Pada kayu, tegangan tarik searah serat mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan dengan tegangan tarik melintang arah serat. Tegangan tarik pada arah serat berhubungan erat dengan ketahanan retak kayu

Sangat mudah untuk menemukan komponen yang mengalami beban tarik dalam struktur rangka. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan membagi tegangan tarik dengan luas penampang. Kayu memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi pada arah longitudinal balok (searah serat) dibandingkan dengan arah balok (melintang serat), sehingga sebaiknya hindari beban tarik melintang arah serat pada konstruksi kayu.

Kerusakan tarik cenderung bergerak melalui kerapatan yang lebih rendah (*getah/spruce*) tetapi zigzag melalui kayu yang lebih padat (*heartwood*).



**Gambar 6.1** Kayu Tertarik

#### 6.4.2 Kuat Tekan

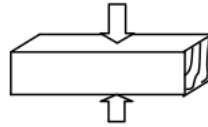
Kuat tekan adalah kekuatan kayu untuk menahan tegangan atau gaya yang mencoba menekan kayu. Kuat tekan searah arah serat masing-masing jenis kayu lebih besar dari kuat tekan melintang arah serat. Kekuatan tekan melintang Arah serat menentukan daya tahan/kapasitas beban kayu.

Gaya tekan tercermin dalam konstruksi rangka dan elemen pendukung portal. Kuat tekan diperoleh dengan membagi kuat tekan dengan luas penampang batang. Menurut (Kubler, 1980), untuk batang yang panjangnya lebih dari 11 kali ketebalan balok maka akan terjadi kegagalan akibat gaya tekan yang bekerja dan akan menyebabkan kegagalan konstruksi ditandai dengan adanya pembengkokan pada struktur balok.

Menurut Somaji (Arafah, 2012), kuat tekan kayu melintang arah serat lebih kuat 12-18% dibandingkan dengan kuat tekan searah serat. Bila kadar air di bawah 30% (titik jenuh serat), setiap pengurangan 1% kadar air akan meningkatkan kuat tekan sebesar 4-6%.



Searah arah serat



melintang arah serat

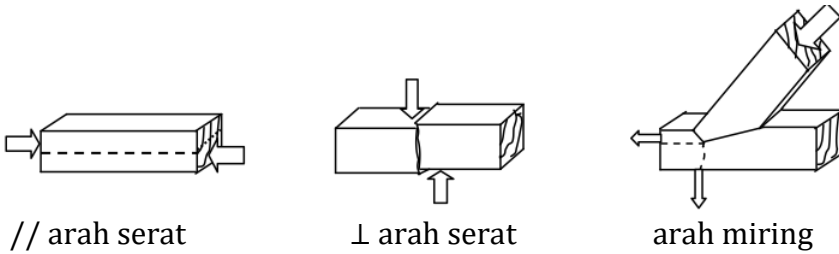
**Gambar 6.2** Kayu Tertekan

### 6.4.3 Kuat Geser

Kekuatan geser adalah kekuatan kayu untuk menahan tekanan atau gaya yang menyebabkan salah satu bagian kayu bergeser dari bagian dekat lainnya. Terdapat 3 (tiga) jenis gaya geser, yaitu:

- a) kuat geser searah arah serat;
- b) kuat geser melintang arah serat;
- c) kuat geser miring.

Setiap jenis kayu memiliki kuat geser melintang arah serat lebih besar dari kuat geser searah arah serat. Kekuatan geser kayu dibantu oleh lignin, karena itu dibandingkan dengan sifat mekanik lainnya kekuatan geser kayu merupakan sifat mekanik kayu yang paling kecil. Kayu memiliki kekuatan geser sepanjang serat yang lebih kecil dari kekuatan geser sepanjang serat. Cacat kayu seperti retakan atau simpul memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan geser kayu.

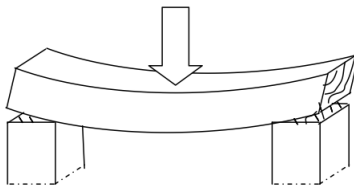


**Gambar 6.3 Kayu Tertekan**

#### 6.4.4 Kuat Lentur

Kekuatan lentur adalah kekuatan kayu untuk menahan tegangan atau gaya yang mencoba membengkokkan kayu. Misalnya beban suatu balok yang ditopang pada kedua ujungnya. Balok yang tinggi ( $h$ ) lebih besar dari lebarnya ( $b$ ) dapat dibebani lebih elastis dibandingkan balok yang berukuran  $h < b$ .

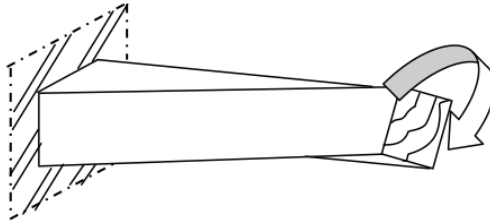
Kuat lentur kayu merupakan salah satu sifat mekanik kayu yang paling tinggi dibandingkan dengan sifat mekanik lainnya seperti kuat tarik, kuat tekan dan kuat geser. Karena kekuatan lenturnya yang tinggi dan bobot spesifik yang rendah, kayu sering digunakan sebagai elemen fleksibel dalam konstruksi ringan.



**Gambar 6.4 Kayu Melentur**

#### 6.4.5 Kuat Puntir

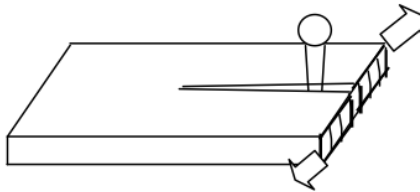
Kekuatan puntir adalah kekuatan kayu untuk menahan tekan atau gaya yang mencoba memuntir kayu.



**Gambar 6.5** Kayu mengalami puntir

#### 6.4.6 Kuat Belah

Kekuatan belah adalah kekuatan kayu untuk menahan tekanan atau gaya yang mencoba membelah kayu..



**Gambar 6.6.** Kayu Terbelah

## DAFTAR PUSTAKA

- Aghayere, A., & Vigil, J. (2007). *Structural Wood Design: A Practice-Oriented Approach*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Arafah, M. (2012). *Modul Pengajaran: Memahami Bahan Bangunan*. Karossa: SMK Negeri 1 Karossa.
- Ariestadi, D. (2008). *Teknik Struktur Bangunan* (Vol. 3). Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Direktorat Jenderal Cipta Karya. (1979). *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5, PKKI 1961*. Jakarta: Yayasan Dana Normalisasi Indonesia.
- Fatoni, R. (2008). *Academia*. Diambil kembali dari Sifat dan Jenis Kayu:  
[https://www.academia.edu/12235694/SIFAT\\_DAN\\_JENIS\\_KAYU](https://www.academia.edu/12235694/SIFAT_DAN_JENIS_KAYU)
- Frick, H. (1982). *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kubler, H. (1980). *Wood as Building and Hobby Material: How to Use Lumber, Wood-base Panels and Roundwood Wisely in Construction, for Furniture and as Fuel*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Schmidt, O. (2006). *Wood and Tree Fung: Biology, Damage, Protection and Use*. Humburg: Springer.
- Sudarminto. (1983). *Rumus - Rumus dan Daftar - Daftar Untuk Konstruksi Beton*. Bandung: Carya Remadja.



# BAB 7

## TEGANGAN IZIN TEKAN KAYU

Oleh Rahmani Kadarningsih

### 7.1 Komponen Struktur Tekan

Komponen struktur tekan yang dimaksud dalam desain struktur kayu yaitu elemen yang hanya menahan gaya tekan seperti pada rangka batang atau kolom dengan beban sentris. Komponen struktur ini untuk selanjutnya disebut kolom.

#### 7.1.1. Kolom kayu masif

Salah satu jenis kolom yang terdiri dari 1 bagian utuh kayu atau beberapa bagian yang direkatkan dengan kuat menggunakan lem sehingga menjadi satu kesatuan.

Berbeda dengan perhitungan tahanan tarik, perhitungan tahanan tekan didasarkan pada luas penampang bruto sebagai berikut.

$$P' = F'_c \cdot A_g \quad (1)$$

dengan :

$P'$  = Tahanan tekan sejajar serat terkoreksi (N)

$F'_c$  = tegangan tekan terkoreksi (MPa)

$A_g$  = luas penampang bruto (mm<sup>2</sup>)

Namun jika terjadi reduksi penampang pada bagian kritis yang mengakibatkan kolom tertekuk, maka perhitungan tersebut harus menggunakan penampang neto. Selain itu nilai tegangan tekan kayu dikoreksi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Awaludin dan Irawati, 2005).

$$F'_c = \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot C_P \cdot K_f \quad (2)$$

dimana :

$\Phi_C$  = faktor ketahanan (0,9)

$l$  = faktor efek waktu

$C_M$  = faktor layan basah

$C_t$  = faktor temperatur

$C_F$  = faktor ukuran (1)

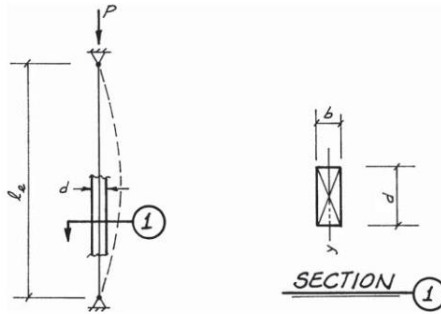
$C_i$  = faktor tusukan (0,8)

$C_p$  = faktor stabilitas kolom

$K_f$  = faktor konversi format

### 7.1.2 Faktor stabilitas kolom

Secara umum kelangsingan adalah rasio bagian tinggi kolom yang bebas terhadap jari-jari girasi terkecil ( $l_e/r$ ). Kemudian jika disederhanakan dan agar lebih mudah diaplikasikan, maka kelangsingan pada kolom kayu berpenampang persegi yaitu tinggi kolom dibagi dengan dimensi terkecil penampangnya ( $l_e/b$ ) ditunjukkan pada Gambar 7.1 (Breyer dkk, 2007).



**Gambar 7.1.** Rasio kelangsingan kolom persegi  
(Sumber : Design of wood structure, 2007)

Kelangsingan kolom sangat mungkin dinyatakan sebagai fungsi dari lebar penampang, alasannya adalah karena jari-jari girasi penampang persegi memiliki hubungan terhadap lebar penampang sebagai berikut.

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12}db^3}{bd}} = b\sqrt{\frac{1}{12}} = 0,2887b \quad (3)$$

Kerusakan pada kolom kayu diakibatkan oleh dua hal yaitu tertekuk dan tertekan. Kedua hal tersebut dapat terjadi secara bersamaan ataupun salah satu lebih dominan (Zahn 1991 dalam Breyer dkk, 2007). Besarnya tegangan tekuk murni dapat dirumuskan dengan persamaan Euler sebagai berikut.

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(l_e/r)^2} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusikan  $r = b\sqrt{\frac{1}{12}}$  didapat sebagai berikut.

$$F_{cr} = \frac{\frac{\pi^2 E}{12}}{(l_e/b)^2} = \frac{0,822E}{(l_e/b)^2} \quad (5)$$

Sedangkan besarnya tegangan tekan murni dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_c^* = \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot K_f \quad (6)$$

Seperti yang disebutkan sebelumnya kerusakan atau kekuatan kolom dipengaruhi oleh tegangan tekuk dan tegangan tekan, dengan rasio  $\frac{F_{cr}}{F_c^*}$ . Koefisien c adalah parameter interaksi antara kedua tegangan tersebut. Nilai c berkisar antara  $0 \leq c \leq 1$ .

Nilai c = 1 hanya terjadi pada kondisi ideal dengan material kayu yang baik. Pada umumnya kondisi ini sulit tercapai sehingga nilai c kurang dari 1 (Breyer dkk, 2007).

Selanjutnya faktor stabilitas kolom dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$C_p = \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} - \sqrt{\left( \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} \right)^2 - \frac{\frac{F_{cE}}{F_c^*}}{c}} \quad (7)$$

dengan

$$F_{cE} = \frac{0,822E_n}{(l_e/b)^2} \quad (8)$$

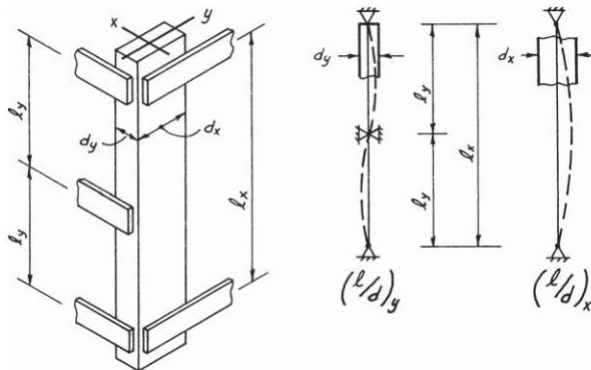
$$E_n = \Phi_s \cdot E \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_i \cdot K_f \quad (9)$$

c=0,8 untuk kayu gergajian

c=0,85 untuk kayu

c=0,9 untuk

Kelangsingan kolom seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya yaitu sebesar  $l_e/b$  diambil dengan pertimbangan bahwa tekuk terjadi pada sumbu lemah dan dimana deformasi terjadi pada arah x seperti pada Gambar 1. Namun jika deformasi pada arah x dicegah seperti Gambar 7.2, maka kelangsingan kolom pada sumbu kuat perlu dievaluasi agar tidak terjadi kegagalan. Hal tersebut dikarenakan panjang kolom arah x telah menjadi dua kali lebih panjang dibanding panjang kolom arah y, sehingga kelangsingan kolom menjadi lebih besar.



**Gambar 7.2.** Pengaruh pemasangan *bracing* pada kolom  
(Sumber : Design of wood structure, 2007)

Contoh 1 :

Tentukan tahanan tekan sejajar serat terkoreksi kolom kayu gergajian pada Gambar 7.3. Ukuran kolom 20x30 cm, tinggi kolom 4 m, kode mutu E18 kelas B, kondisi kadar air lebih dari 19%, temperatur normal, beban 1,2D+1,6L dengan  $l=0,8$ ,  $f_c=0,9$ ,  $f_s=0,85$ , untuk tekan  $K_F=2,4$  dan untuk stabilitas  $K_F=1,76$

$$F_c^* = \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot K_f$$

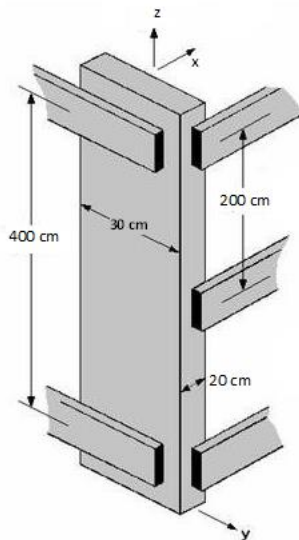
$$= 0,9 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 2,4$$

$$= 16,92 \text{ MPa}$$

$$E_n = \Phi_s \cdot E \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_i \cdot K_f$$

$$= 0,85 \cdot 90000 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 95 \cdot 1,76$$

$$= 10232,64 \text{ MPa}$$



**Gambar 7.3.** Kolom dengan barcing arah x

(Sumber: [https://risa.com/risahelp/risa2d/Content/Common\\_Design/Unbraced%20Lengths.htm](https://risa.com/risahelp/risa2d/Content/Common_Design/Unbraced%20Lengths.htm))

Analisis tekuk arah sumbu x :

$$\left(\frac{l_e}{d}\right)_x = \frac{4000}{300} = 13,33$$

Faktor stabilitas kolom sumbu x dihitung sebagai berikut.

$$c=0,8$$

$$\begin{aligned} F_{cE} &= \frac{0,822E_n}{(l_e/b)^2} \\ &= \frac{0,82210232,64}{(13,33)^2} \\ &= 47,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{F_{cE}}{F_c^*} = \frac{47,31}{16,92} = 2,796$$

$$1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*} = \frac{1+3,548}{2,0,8} = 2,373$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c}\right)^2 - \frac{F_{cE}}{F_c^*} \cdot \frac{1}{c}} \\ &= 2,373 - \sqrt{(2,373)^2 - \frac{2,796}{0,8}} = 0,912 \end{aligned}$$

Analisis tekuk arah sumbu y :

$$\left(\frac{l_e}{d}\right)_y = \frac{2000}{200} = 10$$

Faktor stabilitas kolom sumbu y dihitung sebagai berikut

$$c=0,8$$

$$\begin{aligned} F_{cE} &= \frac{0,822E_n}{(l_e/b)^2} \\ &= \frac{0,822.10232,64}{(10)^2} \\ &= 84,112 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{F_{cE}}{F_c^*} = \frac{84,112}{16,92} = 4,97$$

$$\frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} = \frac{1 + 4,97}{2,0,8} = 3,732$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c}\right)^2 - \frac{\frac{F_{cE}}{F_c^*}}{c}} \\ &= 3,732 - \sqrt{(3,732)^2 - \frac{4,97}{0,8}} \\ &= 0,955 \end{aligned}$$

Sumbu x menghasilkan nilai faktor stabilitas yang lebih kecil sehingga sumbu x lebih rentan terhadap tekuk. Tahanan tekan sejajar serat terkoreksi kolom dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F'_c &= \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot C_P \cdot K_f \\ &= 0,9 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,912 \cdot 2,4 \\ &= 15,43 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P' &= F'_c \cdot A_g \\ &= 15,43 \cdot 200 \cdot 300 \\ &= 925893,9 \text{ N} \\ &= 925,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 7.1.3. Kolom berspasi

Kolom berspasi adalah dua buah kolom tunggal atau lebih dengan sumbu longitudinal sejajar yang dipisahkan oleh potongan kayu (kelos) pada bagian ujung maupun tengah kolom



dan dihubungkan dengan lem atau alat pengencang mekanis (Gambar 7.4). Kolom berspasi biasa digunakan untuk kebutuhan arsitektural, batang tekan pada truss dan frame. Kolom berspasi mampu memikul beban yang lebih besar karena keunggulan geometri penampangnya dibandingkan dengan kolom masif pada volume yang sama. Sehingga kolom berspasi lebih ekonomis. Selain itu kolom berspasi mudah disambung dengan batang lainnya.

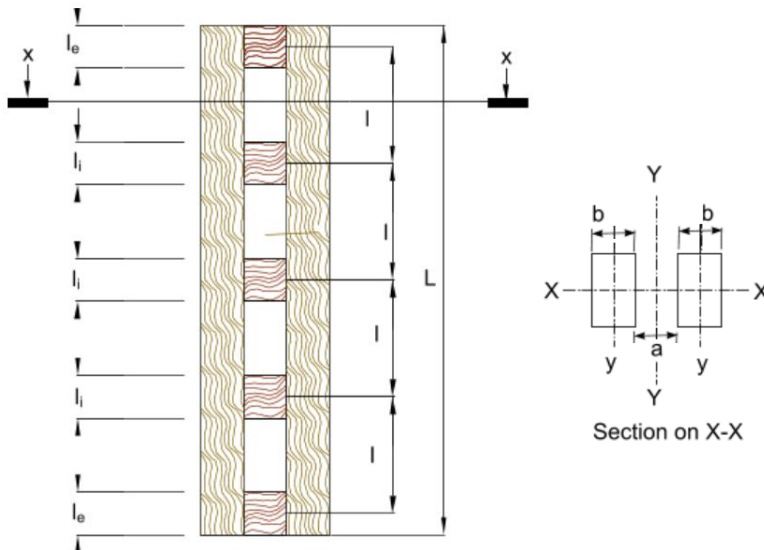


**Gambar 7.4.** Sambungan kolom berspasi dan balok  
(Sumber :Pinterest, Hledat googlem, Connecting wood beams)

Kolom berspasi harus memenuhi syarat-syarat spasi, jarak bebas antar penampang tunggal, jarak spasi ujung dan tengah (Gambar 7.5) sebagai berikut (*Structural timber design to Eurocode 5*).

- Kolom diberikan beban aksial yang bekerja pada pusat gravitasi kolom berspasi
- Sumbu longitudinal semua kolom harus sejajar satu sama lain
- Penampang melintang kolom berspasi harus terdiri dari dua, tiga atau empat sumbu penampang tunggal yang identik

- Penampang melintang kolom berspasi harus simetris terhadap sumbu x dan sumbu y
- Pada arah tinggi kolom harus terdapat sedikitnya tiga bentang bebas, untuk memenuhi ini, sumbu tunggal setidaknya harus terhubung pada tepi-tepi dan pada titik yang ketiga
- $a \leq 3b$  jika menggunakan kelos penghubung dan  $a \leq 6b$  jika digunakan pelat buhul, dimana a adalah jarak bebas antar sumbu tunggal dan b adalah tebal sumbu
- Panjang kelos  $l_1$  harus sama atau lebih besar dari  $1,5a$
- Panjang pelat buhul  $l_1$  harus sama atau lebih besar dari  $2a$



**Gambar 7.5.** Geometri kolom berspasi (Sumber : [https://roymech.org/Useful\\_Tables/Timber/Timber\\_Axial.htm](https://roymech.org/Useful_Tables/Timber/Timber_Axial.htm) )

Ketika tekuk terjadi pada sumbu x (deformasi terjadi pada sumbu y), masing-masing sumbu berperilaku sebagai elemen individu dan kekuatan kolom adalah jumlah dari seluruh sumbu pada arah x.

Untuk tekuk pada sumbu y-y (yaitu defleksi dalam arah sumbu x), gaya geser pada setiap sumbu tunggal serta deformasi geser pada kelos menyebabkan perpindahan lentur tambahan dan pengurangan kekuatan. Efek ini harus diperhitungkan dalam desain. Pengurangan kekuatan yaitu dengan memperhitungkan rasio kelangsingan efektif,  $\lambda_{ef}$ . Rasio kelangsingan efektif dihitung berdasarkan interaksi kelangsingan kolom berspasi (dengan asumsi berfungsi dengan cara komposit penuh) dan kelangsingan masing-masing sumbu tunggal yang disesuaikan untuk memperhitungkan kekakuan sambungan potongan kayu. Sehingga rasio kelangsingan efektif dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} \quad (10)$$

Dimana

$$\lambda = l \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{tot}}} \quad (11)$$

$$I_{tot} = \frac{bh^3}{6} + 2bh \left( \frac{a+h}{2} \right)^2 \quad (12)$$

$l_1$  = kelangsingan tunggal

$$\lambda_1 = \sqrt{12} \frac{l_1}{h} \geq 30, \text{ jika kurang dari 30 maka diambil 30} \quad (13)$$

n = jumlah sumbu

h = Faktor koneksi (Tabel 1)

**Tabel 7.1.** Faktor koneksi

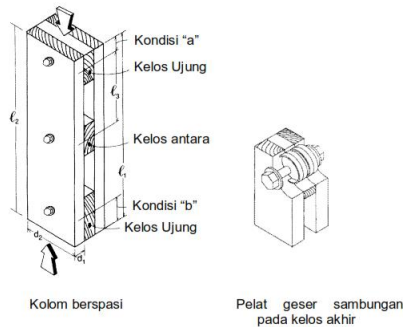
|                                               | Potongan kayu |      |                            | Pelat buhul |      |
|-----------------------------------------------|---------------|------|----------------------------|-------------|------|
|                                               | Lem           | Paku | Baut dengan pelat konektor | Baut        | Paku |
| <b>Pembebanan permanen/jangka panjang</b>     | 1             | 4    | 3,5                        | 3           | 6    |
| <b>Pembebanan menengah atau jangka pendek</b> | 1             | 3    | 2,5                        | 2           | 4,5  |

Sumber: Structural timber design to Eurocode 5

Syarat ukuran pada kolom berspasi juga dijelaskan dalam SNI 7973-2013. Persyaratan kolom berspasi pada pasal 15.2 yaitu sebagai berikut (Gambar 6) :

- 1) Pusat berat dari konektor cincin belah atau pelat geser, atau kelompok konektor di kelos akhir harus berada di dalam  $\ell_1/20$  dari ujung kolom (kondisi a).
- 2) Pusat berat dari konektor cincin belah atau pelat geser, atau kelompok konektor, di kelos akhir harus berada di antara  $\ell_1/20$  dan  $\ell_1/10$  dari ujung kolom (kondisi b).
- 3)  $\ell_1 / d_1$  tidak boleh lebih dari 80, dengan  $\ell_1$  adalah jarak antara tumpuan lateral yang menahan dalam arah tegak lurus terhadap muka lebar dari batang individual.
- 4)  $\ell_2 / d_2$  tidak boleh lebih dari 50, dengan  $\ell_2$  adalah jarak antara perletakan lateral yang menahan dalam arah sejajar dengan muka lebar dari batang individual.

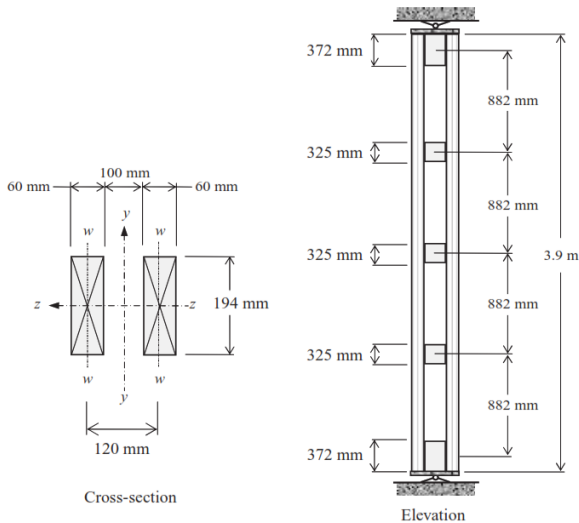
- 5)  $\ell_3 / d_1$  tidak boleh lebih dari 40, dengan  $\ell_3$  adalah jarak antara pusat kelos dan pusat berat dari kelompok konektor cincin belah atau pelat geser dalam kelos ujung.



**Gambar 7.6.** Kolom berspasi dengan konektor cincin belah atau pelat Geser (Sumber : SNI 7973-2013)

### Contoh 2

Sebuah kolom berspasi dibuat dari dua sumbu dengan penampang yang sama berukuran 194/60 mm seperti Gambar 7. Perletakan kedua ujung kolom berupa sendi. Sumbu tunggal direkatkan dengan kelos dengan tinggi penampang yang sama. Periksa tahanan tekan kolom berspasi terhadap beban mati sebesar 50 kN dan beban hidup 70 kN yang bekerja pada sumbu penampang total.



**Gambar 7.7.** Desain kolom berspasi (Sumber : Structural timber design to Eurocode 5)

Penyelesaian :

### 1. Geometrik kolom

Panjang kolom  $L_c = 3,9 \text{ m}$

Jumlah sumbu tunggal  $n = 2$

Tinggi penampang tunggal  $b = 194 \text{ mm}$

Tebal penampang tunggal  $h = 60 \text{ mm}$

Spasi bersih antar penampang tunggal  $a = 100 \text{ mm}$

Spasi izin maksimum  $\underline{a} = 3h$

$$= 3 \times 60$$

$$= 180 \text{ mm}$$

$$a \leq \underline{a}$$

$$100 \text{ mm} \leq 180 \text{ mm} \quad \text{Ok!!}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar sumbu penampang tunggal } a_1 &= a + 2 \left( \frac{h}{2} \right) \\ &= 100 + \left( 2 \times \frac{60}{2} \right) \\ &= 160 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kelos ujung } l_{2e} = 372 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kelos tengah } l_{2i} = 325 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kelos desain } l_2 &= (l_{2e}, l_{2i}) \\ &= 325 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kelos ijin } \underline{l_2} &= 1,5a \\ &= 1,5 \times 100 \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_2 \geq 1,5a$$

$$325 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \quad \text{Ok!!}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi penampang kelos } w_2 &= b \\ &= 194 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tunggal } A_i &= b \cdot h \\ &= 194 \times 60 \\ &= 11640 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Modulus penampang kelas } W_k = \frac{w_2 l_2^2}{6}$$

$$= \frac{194 \times 325^2}{6}$$

$$= 3415208,33 \text{ mm}^3$$

$$\text{Luas total kolom berspasi } A_{tot} = n \times A_i$$

$$= 2 \times 11640$$

$$= 23280 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas penampang kelas } A_k = w_2 \times l_2$$

$$= 194 \times 325$$

$$= 63050 \text{ mm}^2$$

$$\text{Momen inersia kolom berspasi arah sumbu z } I_z = \frac{n \times h \times b^3}{12}$$

$$= \frac{2 \times 60 \times 194^3}{12}$$

$$= 73013840 \text{ mm}^3$$

$$\text{Momen inersia kolom arah y } I_y = \left[ \frac{bh^3}{6} + 2 \cdot b \cdot h \cdot \left( \frac{a+h}{2} \right)^2 \right]$$

$$= \left[ \frac{194 \times 60^3}{6} + 2 \times 194 \times 60 \times \left( \frac{100+60}{2} \right)^2 \right]$$

$$= 155976000 \text{ mm}^4$$

$$\text{Momen inersia penampang tunggal arah w } I_w = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$= \frac{194 \times 60^3}{12}$$



$$= 3492000 \text{ mm}^4$$

$$\text{Radius girasi arah } z \ i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_{tot}}}$$

$$= \sqrt{\frac{73013840}{23280}}$$

$$= 56 \text{ mm}$$

$$\text{Kelangsingan kolom berspasi arah sumbu } z \ \lambda_z = \frac{L_c}{i_z}$$

$$= \frac{3900}{56}$$

$$= 69,64$$

$$\text{Radius girasi penampang tunggal } i_w = \sqrt{\frac{I_w}{A_i}}$$

$$= \sqrt{\frac{3492000}{11640}}$$

$$= 17,32 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang penampang tunggal } L_1 = \max (L_{int}, L_{end})$$

$$= \max(882, 882)$$

$$= 882 \text{ mm}$$

$$\text{Kelangsingan penampang tunggal } \lambda_1 = \frac{L_1}{i_w}$$

$$= \frac{882}{17,32}$$

$$= 50,92$$

$$\begin{aligned}
 \text{Radius girasi arah } y \ i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_{tot}}} \\
 &= \sqrt{\frac{155976000}{23280}} \\
 &= 81,85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio kelangsingan kolom berspasi arah sumbu } y \ \lambda_y = \frac{L_c}{i_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3900}{81,85} \\
 &= 47,65
 \end{aligned}$$

Nilai faktor sambungan dengan lem  $h = 1$

Rasio kelangsingan kolom arah y

$$\begin{aligned}
 \lambda_{ef} &= \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} \\
 &= \sqrt{47,65^2 + 1 \times \frac{2}{2} \times 50,92^2} \\
 &= 69,74
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga digunakan } \lambda_{max} &= \max(\lambda_{ef}, \lambda_z) \\
 &= \max(69,74; 69,64) \\
 &= 69,74
 \end{aligned}$$

## 2. Karakteristik kekuatan kayu

$$\begin{aligned}F_c^* &= \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot K_f \\&= 0,9 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 2,4 \\&= 16,92 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_n &= \Phi_s \cdot E \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_i \cdot K_f \\&= 0,85 \cdot 9000 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,76 \\&= 10232,64 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{cE} &= \frac{\pi^2 E_n}{(l_e/r)^2} \\&= \frac{\pi^2 \times 10232,64}{(69,74)^2} \\&= 20,77 \text{ MPa}\end{aligned} \tag{10}$$

Faktor stabilitas kolom

$$c=0,8$$

$$\begin{aligned}\frac{F_{cE}}{F_c^*} &= \frac{20,77}{16,92} \\&= 1,227\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} &= \frac{1 + 1,227}{2 \cdot 0,8} \\&= 1,392\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c}\right)^2 - \frac{\frac{F_{cE}}{F_c^*}}{c}} \\
 &= 1,392 - \sqrt{(1,392)^2 - \frac{1,227}{0,8}} \\
 &= 0,756
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F'_c &= \Phi_T \cdot \lambda \cdot F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot C_P \cdot K_f \\
 &= 0,9 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,756 \cdot 2,4 \\
 &= 12,792 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P' &= F'_c \cdot A_g \\
 &= 12,792 \times 23280 \\
 &= 297796,723 \text{ N} = 297,79 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 3. Beban

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2DL + 1,6LL \\
 &= 1,2 \times 50 + 1,6 \times 70 \\
 &= 172 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P' > P_u$$

$$297 \text{ kN} > 172 \text{ kN} \quad \text{Ok!!}$$

Cek kolom berspasasi terhadap SNI 7973-2013 pasal 15.2 :

*jarak ujung atas (kondisi a) =*  
*jarak ujung bawah(kondisi b)*

$$= \frac{372}{2}$$
$$= 186 \text{ mm}$$

$$l_1 = 3900 \text{ mm}$$

$$\frac{l_1}{10} = \frac{3900}{10}$$

$$= 390$$

$$\frac{l_1}{20} = \frac{3900}{20}$$

$$= 195$$

$$l_2 = 3900 \text{ mm}$$

$$l_3 = 882 \text{ mm}$$

$$d_1 = 60 \text{ mm}$$

$$d_2 = 194 \text{ mm}$$

Pada syarat 1), *jarak ujung atas*  $\leq \frac{l_1}{20}$

dimana  $186 \text{ mm} \leq 195 \text{ mm}$ , sehingga memenuhi kondisi a!!

Pada syarat 2),  $\frac{l_1}{20} \leq \text{jarak ujung bawah} \leq \frac{l_1}{10}$

dimana  $195 \text{ mm} > 186 \text{ mm}$ ,  $186 \text{ mm} \leq 390 \text{ mm}$

sehingga tidak memenuhi kondisi b!! maka panjang kelos ujung bawah ( $l_{2e}$ ) perlu diperpanjang minimal menjadi 390 mm

Pada syarat 3),  $\frac{l_1}{d_1 < 80}$

$$\begin{aligned} \text{dimana } \frac{l_1}{d_1 = \frac{3900}{60}} \\ = 65 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$65 < 80 \text{ Ok!!}$$

Pada syarat 4),  $\frac{l_2}{d_2 < 50}$

$$\begin{aligned} \text{dimana } \frac{l_2}{d_2 = \frac{3900}{194}} \\ = 20,1 \end{aligned}$$

sehingga

$$20,1 < 50 \text{ Ok!!}$$

Pada syarat 5),  $\frac{l_3}{d_1 < 40}$

$$\begin{aligned} \text{dimana } \frac{l_3}{d_1 = \frac{882}{60}} \\ = 14,7 \end{aligned}$$

sehingga

$$14,7 < 40 \text{ Ok!!}$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali Awaludin, Inggar Septhia Irawati. 2005. *Konstruksi Kayu*. Yogyakarta: Biro Penerbit KTMS FT UGM.
- Donald E. Breyer dkk. 2007. *Design of Wood Structures ASD/LRFD*. USA: The McGrawHill Companies.
- RISA A Nemetschek Company. *Unbraced Length*.  
[https://risa.com/risahelp/risa2d/Content/Common\\_Design/Unbraced%20Lengths.htm#Unbraced Length Commands](https://risa.com/risahelp/risa2d/Content/Common_Design/Unbraced%20Lengths.htm#Unbraced Length Commands)
- E. C. Ozelton, J. A. Baird. 2006. *Timber Designers' Manual*. UK: Blackwell Publishing.
- Pinterest, Hledat googlem. *Connecting wood beams*.  
<https://id.pinterest.com/pin/AcNzwh0NeRTLvPle3kRHn17i5Odg81cy13i794i2Di8z3tWbjqVszCA/>
- Jack Porteous, Abdy Kermani. 2007. *Structural timber design to Eurocode 5*. UK: Blackwell Publishing.
- RoyMech.org. *Timber axially loaded members*.  
<https://roymech.org/Useful Tables/Timber/Timber Axial.html>
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2013. *Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. SNI 7973-2013. Jakarta





# BAB 8

## TEGANGAN IZIN TARIK KAYU

Oleh Dani Nugroho Saputro

### 8.1 Pendahuluan

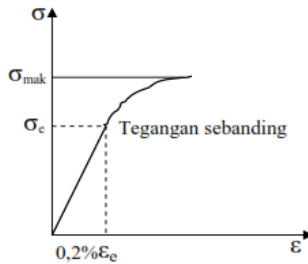
Kayu memiliki kekuatan untuk menahan gaya luar yang berpotensi untuk mengubah bentuk dan volume benda. Kekuatan ini disebut dengan sifat mekanik kayu. Adanya pengujian sifat mekanis kayu berguna untuk memperhitungkan kekuatan kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi. Kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi harus memiliki kekuatan yang tinggi, karena nantinya kayu itu digunakan untuk menahan beban. Sifat mekanik kayu terdiri dari beberapa kekuatan, salah satunya yaitu kuat tarik. Komponen struktur tarik atau disebut pula batang tarik adalah salah satu komponen struktur yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (aksial) berupa tarik. Batang tarik banyak dijumpai khususnya pada sistem struktur rangka batang, sebagai contoh pada struktur jembatan rangka batang dan struktur rangka atap bangunan tipe rangka batang, pada struktur dengan tipe rangka batang (*truss*) seluruh gaya-gaya atau beban baik beban luar maupun berat sendiri struktur akan disalurkan pada tiap-tiap batang yang berupa gaya dalam tarik dan tekan.

## 8.2 Kekuatan Tarik (*Tensile strength*)

Definisi kekuatan tarik adalah kekuatan batas yang didapat dicapai kayu ketika komponen kayu tersebut mengalami kegagalan akibat tarik. Dalam perencanaan komponen struktur tarik (atau disebut pula batang tarik), terdapat parameter penting yaitu nilai desain tarik ( $F_t$ ). Nilai desain tarik merupakan kekuatan tarik kayu yang pada umumnya diperoleh dari hasil pengujian tarik dilaboratorium kemudian data hasil dari pengujian dianalisis sesuai peraturan pada perencanaan batang tarik, sehingga akan didapatkan nilai desain batang tarik dari struktur tersebut. Salah satu pedoman untuk menentukan nilai desain kekuatan tarik kayu adalah menggunakan peraturan SNI 7973:2013 dan untuk standar pengujian tarik kayu, dapat mengacu pada peraturan SNI 03-3399-1994 (Sutandar, Juniardi, and Syahrudin 2021).

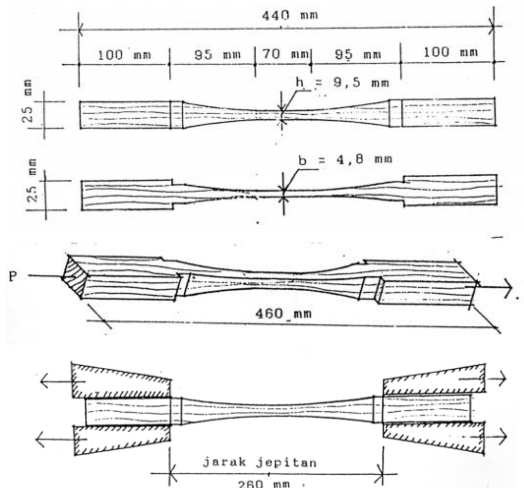
## 8.3 Standar Pengujian Kuat Tarik

Kuat tarik dapat dihitung dengan cara membagi beban tarik dengan luas tampang (*cross section*). Kayu memiliki kuat tarik yang lebih besar pada arah panjang batang (sejajar serat) dari pada arah radial (tegak lurus serat), sehingga pada konstruksi kayu harus dihindari pembebanan tarik yang tegak lurus serat kayu. Apabila batang kayu ditarik dengan beban tarik tertentu, maka panjang batang kayu akan bertambah. Regangan didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang batang awal. Untuk regangan yang kecil biasanya terjadi secara linier-elastik, sedangkan untuk nilai regangan yang besar terjadi secara nonlinier seperti diperlihatkan pada Gambar 8.1.



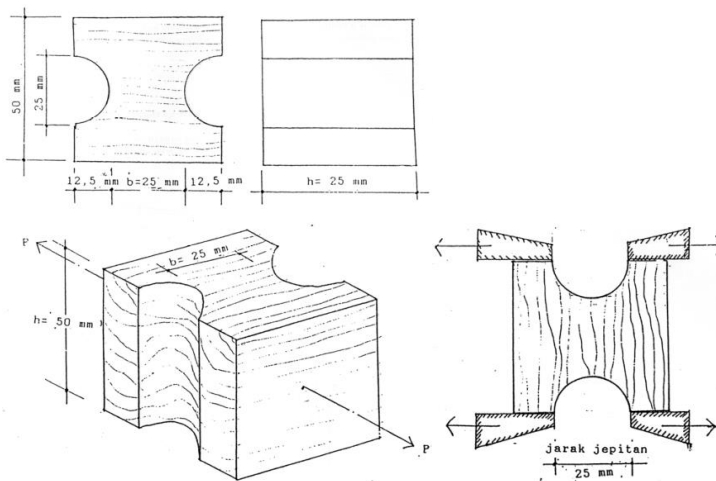
**Gambar 8.1** Kurva tegangan-regangan sejajar serat  
(Sumber : Saputro 2021)

*Modulus of Elasticity* (MOE) merupakan perbandingan  $\sigma_e/\epsilon_e$ . Dimana  $\sigma_e$  adalah tegangan dan  $\epsilon_e$  adalah regangan. Nilai MOE menunjukkan perilaku elastisitas suatu bahan dimana regangan yang terjadi akibat penambahan beban akan hilang apabila beban dihilangkan. Gambar 8.2 merupakan langkah pengujian untuk mendapatkan kuat tarik kayu sejajar serat kayu berdasarkan SNI 03-3527-1994.



**Gambar 8.2** Benda uji kayu kuat tarik sejajar serat  
(Sumber : SNI 03-3399-1994)

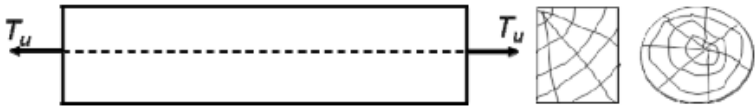
Desain yang menimbulkan tarik tegak lurus serat sedapat mungkin dihindari sesuai pada ketentuan pada (ASTM 2021) dan (Douglas and Line 2000). Apabila tarik tegak lurus serat tidak dapat dihindari, maka perkuatan mekanis yang mampu menahan semua tegangan tersebut harus dipakai sesuai ketentuan yang berlaku. Gambar 8.3 merupakan langkah pengujian untuk mendapatkan kuat tarik kayu tegak lurus serat kayu (SNI-03-3399 1994).



**Gambar 8.3** Benda uji kayu kuat tarik tegak lurus serat  
(Sumber : SNI 03-3399-1994)

## 8.4 Perencanaan Batang Tarik

Sesuai dengan perencanaan batang tarik (SNI 7973 2013) mengenai Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu, bahwa Gaya atau tegangan tarik sejajar serat aktual harus didasarkan atas luas penampang neto dan tidak boleh melebihi nilai desain tarik terkoreksi.



**Gambar 8.4 Batang Tarik**

$$T_u \leq T' \quad (8.1)$$

Dimana,

$T_u$  = gaya tarik terfaktor,

$T'$  = tahanan tarik terkoreksi.

Tahanan tarik terkoreksi adalah hasil perkalian tahanan acuan dengan faktor-faktor koreksi. Tahanan tarik terkoreksi komponen struktur tarik konsentris,  $T'$  ditentukan pada penampang tarik kritis

$$T' = F_t' \times A_n \quad (8.2)$$

Dimana  $F_t'$  adalah kuat tarik sejajar serat terkoreksi sesuai jenis dan mutu kayu,  $A_n$  adalah luas penampang netto karena alat sambung yang diperoleh dari luas bruto dikurangi dengan jumlah material kayu yang hilang karena adanya lubang paku, baut dan takikkan.

## 8.5 Nilai Desain untuk Komponen Struktur Tarik

Setiap komponen struktur atau sambungan kayu harus mempunyai ukuran dan kapasitas cukup untuk memikul beban tanpa melampaui nilai desain terkoreksi yang ditetapkan. Desain perencanaan batang tarik pada struktur kayu dapat dihitung dengan dua metode yaitu Desain Tahanan Ijin (DTI)/*Allowable Stress Design* (ASD) dan Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK)/*Load Resistance Faktor Design* (LRFD). Untuk DTI, perhitungan nilai desain terkoreksi harus ditentukan dengan menggunakan faktor-faktor koreksi DTI dan untuk

DFBK, perhitungan nilai desain terkoreksi harus ditentukan dengan menggunakan faktor-faktor koreksi DFBK yang ditetapkan. Nilai desain terkoreksi untuk komponen struktur dan sambungan kayu pada penggunaan akhir khusus harus sesuai dengan kondisi dimana kayu tersebut digunakan, dengan memperhitungkan perbedaan kekuatan kayu akibat perbedaan kadar air, durasi beban, dan jenis perlakuan. Kondisi penggunaan yang dimaksud di dalam Spesifikasi di sini adalah kondisi umum. Desainer bertanggungjawab untuk mengaitkan asumsi desain dan nilai desain acuan, dan melakukan penyesuaian nilai desain yang sesuai dengan penggunaan akhir.

**Tabel 8.1** Keberlakuan faktor-faktor koreksi untuk kayu gergajian

|                      | Hanya DTI           | DTI dan DFBK       |                   |                         |               |                         |                |                                   |                         |                       |                   |                       | Hanya DFBK       |                   |  |
|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-------------------|--|
|                      | Faktor Durasi Beban | Faktor Layan Basah | Faktor Temperatur | Faktor Stabilitas Balok | Faktor Ukuran | Faktor Penggunaan rebah | Faktor Tusukan | Faktor Komponen struktur Berulang | Faktor Stabilitas Kolom | Faktor Kekakuan Tekuk | Faktor Luas Tumpu | Faktor Koversi Format | Faktor Ketahanan | Faktor Efek Waktu |  |
| $F_b'=F_b$ x         | $C_D$               | $C_M$              | $C_t$             | $C_L$                   | $C_F$         | $C_{fu}$                | $C_i$          | $C_r$                             | -                       | -                     | -                 | 2,54                  | 0,85             | $\lambda$         |  |
| $F_t'=F_t$ x         | $C_D$               | $C_M$              | $C_t$             | -                       | $C_F$         | -                       | $C_i$          | -                                 | -                       | -                     | -                 | 2,70                  | 0,80             | $\lambda$         |  |
| $F_v'=F_v$ x         | $C_D$               | $C_M$              | $C_t$             | -                       | -             | -                       | $C_i$          | -                                 | -                       | -                     | -                 | 2,88                  | 0,75             | $\lambda$         |  |
| $F_{cL}=F_{cL}$ x    | -                   | $C_M$              | $C_t$             | -                       | -             | -                       | $C_i$          | -                                 | -                       | -                     | $C_b$             | 1,67                  | 0,90             | -                 |  |
| $F_c'=F_c$ x         | $C_D$               | $C_M$              | $C_t$             | -                       | $C_F$         | -                       | $C_i$          | -                                 | $C_P$                   | -                     | -                 | 2,40                  | 0,90             | $\lambda$         |  |
| $E'=E$ x             | -                   | $C_M$              | $C_t$             | -                       | -             | -                       | $C_i$          | -                                 | -                       | -                     | -                 | -                     | -                | -                 |  |
| $E_{min}'=E_{min}$ x | -                   | $C_M$              | $C_t$             | -                       | -             | -                       | $C_i$          | -                                 | -                       | $C_T$                 | -                 | 1,76                  | 0,85             | -                 |  |

### 8.5.1 Modulus Elastisitas Acuan

Modulus Elastisitas acuan dapat diketahui dengan melakukan pengujian sifat fisis kayu terlebih dahulu, diantaranya adalah :

a. Pengujian kadar air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air di dalam kayu dan juga untuk menentukan besarnya kepadatan serta berat jenis pada kadar air standar 15%. Prosedur pengujian kadar air dilakukan berdasarkan (ASTM 2015). Benda uji berukuran 25 mm x 25 mm x 25 mm. Benda uji dibuat segera setelah pengujian mekanik bahan dilakukan dengan memotong kayu didekat titik bagian yang retak. Benda uji kemudian ditimbang untuk mengetahui berat awal (kering udara) sebelum dimasukkan ke dalam oven. Kemudian benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $(103 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  sampai mendapatkan berat konstan dan setelah itu benda uji ditimbang kembali. Perhitungan kadar air dilakukan dengan persamaan (10.3) berikut.

$$M = \frac{W_g - W_d}{W_d} \times 100 \% \quad (8.3)$$

$m$  = kadar air (%)

$W_g$  = Berat kering udara (gr)

$W_d$  = Berat Kering oven (gr)

b. Pengujian kerapatan

Metode pengujian kerapatan kayu dilakukan sesuai (ASTM 2016) dengan cara menimbang berat awal (berat sebelum di oven) kemudian menghitung volume dari benda uji yang akan diukur. Nilai kerapatan benda uji dapat dihitung menggunakan persamaan (8.4) berikut.

$$\rho = \frac{W_g W_g}{V_g V_g} \quad (8.4)$$

$\rho$  = Kerapatan kayu (gr/cm<sup>3</sup>)

$W_g W_g$  = Berat kering udara (gr)

$V_d V_d$  = Volume kering udara (cm<sup>3</sup>)

c. Perhitungan berat jenis pada kadar air m% ( $G_m$ )

$$G_m = \frac{\rho}{\left[ 1000 \times \left( 1 + \frac{m}{100} \right) \right]} \left[ \frac{\rho}{1000 \times \left( 1 + \frac{m}{100} \right)} \right] \quad (10.5)$$

d. Perhitungan berat jenis dasar ( $G_b$ )

$$G_b = \frac{G_m}{\left[ 1 + \left( 0,265 \times \frac{30-m}{30} \times G_m \right) \right]} \left[ \frac{G_m}{1 + \left( 0,265 \times \frac{30-m}{30} \times G_m \right)} \right] \quad (8.7)$$

e. Perhitungan berat jenis pada kadar air m% ( $G_m$ )

$$G_m = \frac{G_b}{\left[ 1 - (0,133 \times G_b) \right]} \left[ \frac{G_b}{1 - (0,133 \times G_b)} \right] \quad (8.8)$$



Dimana Estimasi kuat acuan berdasarkan berat jenis pada kadar air 15% untuk kayu berserat lurus tanpa cacat kayu adalah  $E_w = 16.000G^{0.71}$ , Dimana G adalah berat jenis kayu pada kadar air 15%.

Nilai desain acuan untuk kayu yang dipilah secara visual dan kayu dimensi yang dipilah secara mekanis dicantumkan di dalam Tabel 8.2 (SNI 7973 2013).

**Tabel 8.2** Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan

| Kode Mutu | Nilai Desain Acuan (MPa) |       |       |       |              | Modulus Elastisitas Acuan (MPa) |           |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|--------------|---------------------------------|-----------|
|           | $F_b$                    | $F_t$ | $F_c$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | E                               | $E_{min}$ |
| E25       | 26.0                     | 22.9  | 22.9  | 3.06  | 6.11         | 25000                           | 12500     |
| E24       | 24.4                     | 21.5  | 21.5  | 2.87  | 5.74         | 24000                           | 12000     |
| E23       | 23.2                     | 20.5  | 20.5  | 2.73  | 5.46         | 23000                           | 11500     |
| E22       | 22.0                     | 19.4  | 19.4  | 2.59  | 5.19         | 22000                           | 11000     |
| E21       | 21.3                     | 18.8  | 18.8  | 2.50  | 5.00         | 21000                           | 10500     |
| E20       | 19.7                     | 17.4  | 17.4  | 2.31  | 4.63         | 20000                           | 10000     |
| E19       | 18.5                     | 16.3  | 16.3  | 2.18  | 4.35         | 19000                           | 9500      |
| E18       | 17.3                     | 15.3  | 15.3  | 2.04  | 4.07         | 18000                           | 9000      |
| E17       | 16.5                     | 14.6  | 14.6  | 1.94  | 3.89         | 17000                           | 8500      |
| E16       | 15.0                     | 13.2  | 13.2  | 1.76  | 3.52         | 16000                           | 8000      |
| E15       | 13.8                     | 12.2  | 12.2  | 1.62  | 3.24         | 15000                           | 7500      |
| E14       | 12.6                     | 11.1  | 11.1  | 1.48  | 2.96         | 14000                           | 7000      |
| E13       | 11.8                     | 10.4  | 10.4  | 1.39  | 2.78         | 13000                           | 6500      |
| E12       | 10.6                     | 9.4   | 9.4   | 1.25  | 2.50         | 12000                           | 6000      |
| E11       | 9.1                      | 8.0   | 8.0   | 1.06  | 2.13         | 11000                           | 5500      |
| E10       | 7.9                      | 6.9   | 6.9   | 0.93  | 1.85         | 10000                           | 5000      |
| E9        | 7.1                      | 6.3   | 6.3   | 0.83  | 1.67         | 9000                            | 4500      |
| E8        | 5.5                      | 4.9   | 4.9   | 0.65  | 1.30         | 8000                            | 4000      |
| E7        | 4.3                      | 3.8   | 3.8   | 0.51  | 1.02         | 7000                            | 3500      |
| E6        | 3.1                      | 2.8   | 2.8   | 0.37  | 0.74         | 6000                            | 3000      |
| E5        | 2.0                      | 1.7   | 1.7   | 0.23  | 0.46         | 5000                            | 2500      |

### 8.5.2 Faktor Layan Basah, $C_M$

Nilai desain acuan untuk kayu gergajian struktural didasarkan pada kondisi layan kadar air yang ditetapkan pada kayu kondisi layan kering seperti pada struktur tertutup, di mana kadar air tidak melebihi 19%. Apabila kadar air komponen struktur berbeda dengan kondisi layan tersebut, maka nilai desain acuan harus dikalikan dengan faktor layan basah ( $C_M$ ) pada tabel 8.3.

**Tabel 8.3** Faktor Layan Basah,  $C_M$

| $F_b$ | $F_t$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | $F_c$ | E dan $E_{min}$ |
|-------|-------|-------|--------------|-------|-----------------|
| 0,85* | 1,0   | 0,97  | 0,67         | 0,8** | 0,9             |

\*apabila  $F_b < 8$  MPa,  $C_M = 1,0$

\*\*apabila  $F_c < 5,2$  MPa,  $C_M = 1,0$

### 8.5.3 Faktor Temperatur, $C_t$

Koreksi temperatur di dalam Spesifikasi ini berlaku apabila komponen struktur diekspos terhadap temperatur di antara 38°C dan 65°C untuk waktu lama, seperti pada gedung industri dimana komponen strukturnya sangat dekat atau kontak dengan fluida panas yang digunakan di dalam proses manufaktur. Pada umumnya, koreksi terhadap nilai desain acuan di dalam Spesifikasi ini untuk temperatur harus ditinjau untuk kondisi yang melibatkan beban peralatan atau mati yang berat dan tetap, atau terdapat di dalam air, atau kondisi layan berkadar air tinggi atau basah, di mana pengeksposan sering atau terus menerus terhadap temperatur tinggi hingga 65,5°C terjadi. Penggunaan glulam struktural di dalam kondisi pengeksposan temperatur hingga melebihi 65°C harus dihindari. Apabila pengeksposan seperti itu terjadi, koreksi untuk reduksi kekuatan sesaat dan permanen harus dilakukan.

Efek permanen harus didasarkan atas waktu kumulatif komponen struktur tersebut akan diekspos ke temperatur yang melebihi 65°C selama umur struktur dan kehilangan kekuatan yang terkait dengan level temperatur tersebut (Ross 2010). Sistem atap dan sistem lain yang mengalami fluktuasi temperatur siang hari dari radiasi matahari adalah kasus yang biasanya tidak memerlukan koreksi nilai desain acuan untuk temperatur. Tabel 8.4 adalah tabel koreksi untuk faktor adanya pengaruh temperatur,  $C_t$ .

**Tabel 8.4** Faktor Temperature,  $C_t$

| Nilai Desain Acuan                   | Kondisi Kadar Air Layan <sup>1</sup> | $C_t$                     |                                              |                                              |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                      |                                      | $T \leq 38^\circ\text{C}$ | $38^\circ\text{C} < T \leq 52^\circ\text{C}$ | $52^\circ\text{C} < T \leq 65^\circ\text{C}$ |
| $F_t, E, E_{\min}$                   | Basah atau Kering                    | 1,0                       | 0,9                                          | 0,9                                          |
| $F_b, F_v, F_c,$<br>dan $F_{c\perp}$ | Kering                               | 1,0                       | 0,8                                          | 0,7                                          |
|                                      | Basah                                | 1,0                       | 0,7                                          | 0,5                                          |

<sup>1</sup>Kondisi basah dan kering untuk kayu gergajian, glulam struktural, balok kayu I prapabrikasi, kayu komposit struktural, dan panel kayu struktural ditetapkan pada peraturan Faktor Layan Basah,  $C_M$ .

#### 8.5.4 Faktor Ukuran, $C_F$

Nilai desain lentur, tarik, dan tekan sejajar serat acuan untuk kayu dimensi yang tebalnya 50,8 mm sampai 101,6 mm yang dipilah secara visual harus dikalikan dengan faktor koreksi yang ditetapkan yaitu 1,0. Apabila tinggi komponen struktur lentur kayu gergajian yang tebalnya 127 mm atau lebih besar melebihi 305 mm dan dipilah secara visual, maka nilai desain lentur acuan,  $F_b$ , harus dikalikan dengan faktor ukuran berikut:

$$C_F = (305/d)^{1/9} \leq 1.0 \quad (8.9)$$

Untuk balok dengan penampang lingkaran dan diameter lebih besar daripada 343mm, atau untuk balok persegi 305 mm atau lebih besar yang dibebani di bidang diagonal, faktor ukuran harus ditentukan sesuai persamaan diatas berdasarkan balok persegi yang dibebani ekuivalen secara konvensional yang mempunyai luas penampang sama.

### 8.5.5 Faktor Tusukan, $C_i$

Penusukan mengandung arti lubang dangkal sejajar serat di permukaan material untuk memberikan perlakuan pengawetan agar penetrasi pengawet dapat lebih dalam dan seragam. Hal ini digunakan untuk meningkatkan efektivitas perlakuan komponen struktur yang mempunyai permukaan *heartwood* dan spesies yang cenderung kedap terhadap penetrasi larutan pengawet, seperti Douglas fir, Engelmann spruce, dan hemlock. Efek proses penusukan telah diketahui bergantung pada kedalaman dan panjang masing-masing tusukan dan banyaknya tusukan (densitas) per mm<sup>2</sup> luas permukaan (105, 74, 174). Faktor koreksi tusukan untuk  $E$ ,  $F_b$ ,  $F_t$ , dan  $F_c$  yang diberikan di Spesifikasi Tabel 10.5 dibatasi pada pola di mana tusukan tidak lebih dalam dari 10,6 mm dan tidak lebih daripada 0,012 per 2 mm. Apabila batas-batas ini terlampaui, maka desainer bertanggung jawab untuk menentukan, berdasarkan perhitungan atau tes, faktor koreksi tusukan, yang harus digunakan untuk material struktural yang dipakai.

**Tabel 8.5** Faktor Tusukan,  $C_i$

| Nilai desain         | $C_i$ |
|----------------------|-------|
| $E, E_{min}$         | 0,95  |
| $F_b, F_t, F_c, F_v$ | 0,80  |
| $F_{cL}$             | 1,00  |

Koreksi yang diberikan di Spesifikasi Tabel 8.5 didasarkan atas reduksi yang diamati pada kayu dimensi yang ditusuk (tebal nominal 50,8 mm dan 101,6 mm). Dalam banyak hal, tidak ada reduksi kekuatan yang dilaporkan. Reduksi yang diberikan di Spesifikasi Tabel 8.5 tidak berlaku pada komponen struktur besar seperti kayu gergajian solid. Nilai desain acuan harus dikalikan dengan faktor tusukan, apabila kayu dimensi dipotong sejajar serat pada tinggi maksimum 10,16 mm, panjang maksimum 9,53 mm, dan densitas tusukan sampai 11840/m<sup>2</sup>. Faktor tusukan harus ditentukan dengan pengujian atau dengan perhitungan menggunakan penampang tereduksi untuk pola tusukan yang melebihi batas-batas tersebut

### 8.5.6 Faktor Konversi Format, $K_F$ (hanya DFBK)

Faktor konversi format mengkonversi nilai desain acuan (nilai desain tegangan izin yang didasarkan atas durasi beban normal) ke ketahanan acuan DFBK sebagaimana didefinisikan di dalam (ASTM 2017). Faktor konversi format yang ditetapkan,  $K_F$ , di dalam Spesifikasi Tabel 8.6 didasarkan atas faktor serupa yang terdapat di alam (ASTM 2017). Ketahanan acuan DFBK adalah nilai desain level kekuatan untuk kondisi pembebanan jangka pendek. Dengan demikian, faktor konversi meliputi: 1) faktor koreksi untuk mengoreksi nilai desain izin ke nilai desain level kekuatan yang lebih tinggi, 2) faktor koreksi untuk mengoreksi dari basis 10 tahun ke 10 menit (jangka pendek),

dan 3) faktor koreksi untuk mengoreksi faktor ketahanan yang ditetapkan,  $\phi$ . Ketahanan acuan DFBK tidak secara spesifik didefinisikan atau dihitung di dalam Spesifikasi melainkan termasuk sebagai bagian dari nilai desain terkoreksi DFBK yang meliputi seluruh koreksi yang berlaku pada nilai desain acuan. Karena faktor konversi format didasarkan atas kalibrasi format ASD dan DFBK untuk kondisi acuan tertentu, maka faktor tersebut hanya berlaku pada nilai desain acuan yang terdapat di dalam Spesifikasi ini dan tidak berlaku untuk ketahanan acuan DFBK yang ditentukan sesuai dengan metode faktor normalisasi reliabilitas di dalam ASTM D 5457.

**Tabel 8.6** Faktor Konversi Format,  $K_F$

| Aplikasi          | Properti                 | $K_F$ |
|-------------------|--------------------------|-------|
| Komponen struktur | $E_c$                    | 2,54  |
|                   | $F_t$                    | 2,70  |
|                   | $F_{v_s}, F_{rt_s}, F_s$ | 2,88  |
|                   | $F_c$                    | 2,40  |
|                   | $F_{c-L}$                | 1,67  |
|                   | $E_{min}$                | 1,76  |
| Semua sambungan   | (semua nilai desain)     | 3,32  |

### 8.5.7 Faktor Ketahanan, $\phi t$ (hanya DFBK)

Faktor ketahanan,  $\phi$  , yang ditetapkan di dalam Spesifikasi Tabel 8.6 didasarkan atas faktor ketahanan yang didefinisikan di dalam (Keiser and Tortora 2022). Faktor ketahanan diberikan untuk  $\phi$  berbagai sifat kayu dengan hanya satu faktor untuk setiap ragam tegangan (yaitu lentur, geser, tekan, tarik, dan stabilitas).

**Tabel 8.6** Faktor Ketahanan,  $\phi_t$

| Aplikasi          | Properti           | Simbol   | Nilai |
|-------------------|--------------------|----------|-------|
| Komponen struktur | $F_b$              | $\phi_b$ | 0,85  |
|                   | $F_t$              | $\phi_t$ | 0,80  |
|                   | $F_v, F_{rt}, F_s$ | $\phi_v$ | 0,75  |
|                   | $F_c, F_{c\perp}$  | $\phi_c$ | 0,90  |
|                   | $E_{min}$          | $\phi_s$ | 0,85  |
| Sambungan         | (semua)            | $\phi_z$ | 0,65  |

Pada umumnya, besar faktor ketahanan antara lain merefleksikan variabilitas sifat produk kayu. Perbedaan aktual pada variabilitas produk diperhitungkan di dalam penurunan nilai desain acuan.

### 8.5.8 Faktor Efek Waktu, $\lambda$ (hanya DFBK)

Faktor efek waktu,  $\lambda$  bervariasi terhadap kombinasi beban dan ditujukan untuk mendapatkan indeks reliabilitas target yang konsisten untuk skenario beban yang direpresentasikan dengan kombinasi beban yang berlaku. Faktor efek waktu spesifik untuk berbagai kombinasi beban (ASCE 2013) sangat bergantung pada besar, durasi, dan variasi beban utama di dalam masing-masing kombinasi. Sebagai contoh, faktor efek waktu sebesar 0,8 terkait dengan kombinasi beban 1,2D + 1,6 (L atap atau R) + (L atau 0,8W) untuk memperhitungkan durasi dan variasi beban utama di dalam kombinasi tersebut (beban hidup atap, salju, atau air). Efek beban tambahan pada kombinasi beban tertentu atau bahkan perubahan pada faktor beban di dalam kombinasi yang diketahui dipandang kecil relatif terhadap efek beban utama terhadap respons durasi beban pada kayu. Dengan demikian, faktor efek waktu spesifik tidak perlu

berubah untuk memperhitungkan perubahan kombinasi beban atau faktor beban terhadap waktu.

**Tabel 8.7** Faktor Efek Waktu,  $\lambda$

| Kombinasi Beban <sup>2</sup>                         | $\lambda$                                                                                 |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,4(D+F)                                             | 0,6                                                                                       |
| 1,2(D+F) + 1,6(H) + 0,5(L <sub>r</sub> atau R)       | 0,6                                                                                       |
| 1,2(D+F) + 1,6(L+H) + 0,5(L <sub>r</sub> atau R)     | 0,7 apabila L adalah gudang<br>0,8 apabila L adalah hunian<br>1,25 apabila L adalah impak |
| 1,2D + 1,6(L <sub>r</sub> atau R) atau (L atau 0,8W) | 0,8                                                                                       |
| 1,2D + 1,6W + L + 0,5(L <sub>r</sub> atau R)         | 1,0                                                                                       |
| 1,2D + 1,0E + L                                      | 1,0                                                                                       |
| 0,9D + 1,6W + 1,6H                                   | 1,0                                                                                       |
| 0,9D + 1,0E + 1,6H                                   | 1,0                                                                                       |

1. Faktor efek waktu,  $\lambda$ , lebih besar dari pada 1,0 tidak berlaku pada sambungan atau komponen struktur yang diberi perlakuan dengan vakum tekan dengan bahan pengawet larut air atau kimiawi penghambat api.

2. Kombinasi beban dan faktor beban yang konsisten dengan ASCE 7 dicantumkan di sini untuk memudahkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASCE. 2013. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-10). *ASCE 7-02*.
- ASTM. 2015. "ASTM D4442-16: Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials." *ASTM international*.
- . 2016. "Standard Test Methods for Moisture Content of Wood ASTM D4442." *1983 Annual Book of ASTM Standards*.
- . 2017. "Standard Specification for Computing Reference Resistance of Wood-Based Materials and Structural Connections for Load and Resistance Factor Design." *Astm D5457 - 17*.
- . 2021. "ASTM D5456-21 Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products." *American Society for Testing and Materials*.
- Douglas, Bradford K., and Philip Line. 2000. "Evaluating System Effects in Repetitive Member Wood Assemblies." In *2000 ASAE Annual Intenational Meeting, Technical Papers: Engineering Solutions for a New Century*,.
- Keiser, Sandra, and Phyllis G. Tortora. 2022. "ASTM International." In *The Fairchild Books Dictionary of Fashion*,.
- Ross, Robert J. 2010. Circulation Research *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material: Forest Products Laboratory. Wood Handbook - Wood as an Engineering Material*.

- Saputro, Dani Nugroho. 2021. "Stiffness and Ductility of Bolted Connection Laminated Veneer Lumber (LVL) *Paraserianthes Falcataria*." 7(1): 9–18.
- SNI-03-3399. 1994. "Metode Pengujian Kuat Geser Kayu Di Laboratorium." *Bsn*: 16.
- SNI 7973. 2013. "Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu SNI 7973." *Badan Standardisasi Nasional*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- Sutandar, Erwin, Ferry Juniardi, and Syahrudin Syahrudin. 2021. "SIFAT FISIS DAN MEKANIS KAYU BENGKIRAI." *Jurnal TEKNIK-SIPIL*.

# BAB 9

## FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEKUATAN KONSTRUKSI KAYU

Oleh Muhammad Syarif

### 9.1 Pendahuluan

Kegiatan pembangunan konstruksi diseluruh dunia tidak dapat terlepas dari peranan penting balok kayu. Kayu dalam segala aspek kehidupan manusia merupakan suatu mata rantai yang tidak dapat terputus hingga akhir zaman. Keberadaan kayu sangat dibutuhkan dalam segala lapisan masyarakat. Karena demikian besarnya peranan kayu tersebut maka tentunya dibutuhkan pemahaman tentang kayu, khususnya terhadap penggunaan kayu dalam konstruksi.

Secara empiris setiap jenis kayu memiliki ciri khas maupun karakter fisis kimiawi dan mekaniknya yang berbeda antara spesies/jenis. Kayu yang memiliki berat jenis lebih tinggi yang dapat di kategorikan dalam spesies *fast growing* mempunyai nilai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan kayu yang memiliki berat jenis lebih rendah yang dapat dikategorikan sebagai spesies *non fast growing*. Oleh karenanya dalam hal mutu/kekuatan kayu secara alami lebih banyak dipengaruhi oleh faktor biologis kayu yang memberikan efek terbesar dalam proses masa pertumbuhan kayu tersebut. Faktor biologis kayu dimaksudkan karena kecenderungan terjadinya kerusakan kayu sebagai akibat serangan mikroorganisme. Hal lain yang turut

memberikan pengaruh adalah kadar air yang dikandung setiap jenis pohon kayu.

Secara umum kayu terdiri atas beberapa elemen utama namun terhadap kekuatan kayu sebagai material konstruksi yang berasal dari tumbuhan selain yang disebutkan diatas maka secara khusus dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu :

a. Lignin

Lignin adalah kumpulan molekul yang mengandung phenylpropane yaitu suatu unsur yang menjadikan lignin kuat terhadap biomassa karena merupakan polimer amorfus. Dari kondisi tersebut lignin mampu memberikan kekuatan dan keteguhan pada kayu. Secara umum kandungan lignin sebagai komponen pembentuk kayu berkisar antara 20 % hingga 30 % dari berat kayu. Pada hasil penelitian lainnya ditemukan kandungan lignin mencapai 39,89 % (Yan Kayo, 2018).

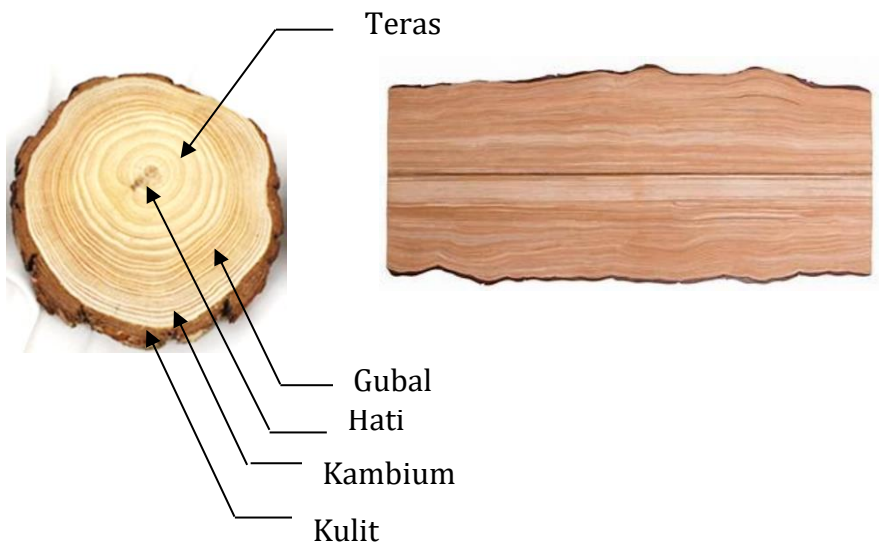
Lignin adalah pembentuk dinding sel yang berada diantara sel-sel yang berfungsi sebagai perekat antara sel melalui selulosa dan hemiselulosa, (Mody L, 2016). Dari kondisi tersebut sehingga lignin dapat diasumsikan sebagai bahan perekat / semen sel-sel selulosa yang membuat kayu menjadi bahan yang memiliki kekuatan.

b. Selulosa

Selulosa merupakan unsur terbesar yang terdapat didalam kayu yang dapat mencapai 70 % dari berat kayu. Kayu berasal dari tumbuhan, kokoh dan tegak nya tumbuhan kayu adalah karena adanya selulosa yang turut memberikan kemantapan dalam kekuatan kayu.

Untuk melihat detail kayu secara jelas maka dapat dilakukan pemotongan ke arah melintang pada sebatang pohon kayu sehingga menunjukkan bagian-bagian dari kayu tersebut.

Dari gambar 9.1 dibawah ini memperlihatkan struktur kayu yang tersusun dari sel-sel selulosa melalui lignin sebagai unsur kimiawi organik secara alami. Sel-sel kayu terbentuk pada arah melingkar dan memanjang searah panjang kayu. Keretakan pada sel kayu adalah sesuatu yang tidak dapat dihindari namun keretakan tersebut selalu terjadi pada arah memanjang kayu yang sejajar dengan alur



**Gambar 9.1.** Struktur Kayu

Terjadi perbedaan mutu/kekuatan atau sifat-sifat kayu pada berbagai jenis kayu pada dasarnya dipengaruhi oleh susunan sel-sel yang terbentuk pada masa pertumbuhan pohon kayu tersebut.

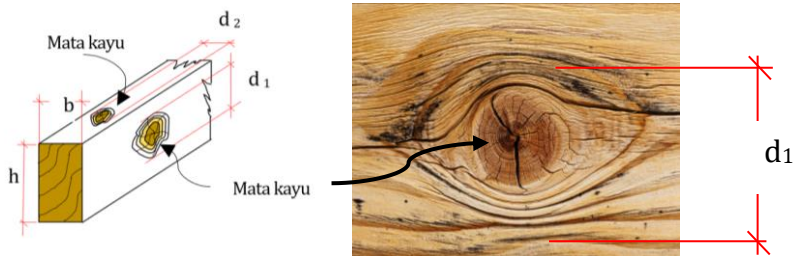
Kekuatan atau mutu kayu sering menjadi istilah dalam menyatakan sifat mekanik. Namun perlu dipahami bahwa pada kayu yang relatif memiliki kekuatan secara mekanik tetapi memungkinkan terjadinya kelemahan pada sifat lain seperti sifat elastik karena terjadinya perbedaan spesies.

## **9.2 Karakteristik Fisik Kayu**

Mutu balok kayu sangat erat kaitannya dengan karakteristik yang dimilikinya. Mutu balok kayu dalam konstruksi memegang peranan penting seberapa besar ketahanan konstruksi balok kayu yang dibuat atau direncanakan. Ada beberapa hal yang perlu dihindari dalam penggunaan balok kayu pada konstruksi yang dapat mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu yaitu :

### **a. Mata kayu (*knot*)**

Mata kayu (*knot*) dapat menyebabkan terjadinya perlemahan dalam konstruksi hal ini terjadi karena mata kayu bukan merupakan sel-sel yang menyatu. Mata kayu merupakan sumber pencabangan pohon yang terletak pada bagian dasar cabang pada batang pohon. Dalam batang kayu konstruksi, semakin banyak mata kayu yang terbentuk maka semakin rendah kekuatan kayu tersebut.



**Gambar 9.2.** Mata kayu

Oleh karenanya batang balok kayu yang memiliki mata kayu akan bernilai lebih rendah kekuatannya apabila digunakan secara struktur. Untuk itu disarankan dalam pembuatan struktur konstruksi balok kayu agar menghindari penggunaan balok kayu yang memiliki mata kayu (*knot*) karena pada kondisi yang demikian, mata kayu akan mendistorsi kerapatan serat kayu sehingga pada akhirnya membuat kelemahan dalam memikul pembebanan.

#### **b. Retakan**

Retakan balok kayu merupakan faktor yang sangat besar menentukan seberapa besar kekuatan konstruksi kayu yang dibuat. Retakan pada balok kayu memiliki efek negatif terhadap sifat mekanis balok kayu. Penggunaan balok kayu yang memiliki retakan maka akan berkonsekuensi serius dalam rekayasa konstruksi yang dibuat, sehingga memungkinkan terjadinya penurunan elemen pembebanan dari perencanaan awal konstruksi. Beberapa faktor yang tidak diharapkan kemungkinan akan muncul sehingga secara paksaan mengharuskan pihak terkait untuk mengeluarkan biaya tambahan dalam mengantisipasi kemunculan faktor resiko yang lebih

besar. Hal ini dimisalkan pada suatu konstruksi balok kayu yang menggunakan bahan balok kayu yang memiliki retakan sehingga dalam sisi lain diharuskan untuk membuatkan perkuatan struktur. Pada kondisi lapangan yang sering terjadi adalah kurangnya pemahaman terhadap perilaku mekanis balok kayu.

Dengan adanya retakan balok kayu maka akan menurunkan kekuatan kekakuan balok hingga mencapai 10 % dari kekuatan yang seharusnya (Elke Mergny *et al*, 2016).

### **c. Kadar air dan kadar lengas**

Batang kayu yang telah dipotong dan diolah menjadi bahan siap pakai dalam pekerjaan konstruksi, secara alamiah memiliki kandungan air yang cukup besar sehingga sangat sering dijumpai kayu akan mengalami pelengkungan saat digunakan, bersamaan dengan berangsurnya nilai sifat-sifat kekuatan kayu yang mulai meningkat. Hal ini terjadi karena keluarnya air dari dinding sel mengakibatkan desakan molekul-molekul berantai bergerak saling berdekatan dan mengikat serat-serat kayu. Sesuai sifat umum balok kayu yang dapat mengikat dan melepaskan air yang dikandungnya maka balok kayu juga sangat rentang terhadap pengaruh kelembaban suhu udara sekitarnya. Pengembangan dan penyusutan balok kayu sangat dipengaruhi oleh kadar air dan kelembaban udara sekitar yang berimplikasi dalam mempengaruhi sifat fisis dan mekanis balok kayu. Kandungan kadar air pada kayu dapat mencapai 25 % hingga 30 %, hal ini terjadi karena sifat kayu yang higroskopis yaitu bersifat menyerap/mendapatkan atau



kehilangan faktor kelembaban air akibat pengaruh udara sekitarnya. Oleh karenanya penggunaan kayu yang masih mengandung air maka akan sangat berpengaruh terhadap tegangan desak yang sejajar dengan arah serat kayu atau searah tegak lurus balok kayu.

Dari konteks tersebut maka sangat disarankan agar kayu yang akan digunakan dalam konstruksi sedapat mungkin kayu yang telah mengalami pengeringan, baik pengeringan secara alami maupun pengeringan secara buatan (oven). Tentunya kayu yang tidak mempunyai kandungan kadar air maka akan memiliki nilai kekuatan secara mekanis lebih besar dari kayu yang mempunyai kandungan air. Selain itu kayu yang telah mengalami pengeringan maka nilai elastiknya juga akan meningkat.

Balok kayu laminasi merupakan suatu cara rekayasa pengeringan balok untuk meningkatkan kualitas kayu struktural. Dari hasil penelitian diperoleh pengaruh yang signifikan terhadap Modulus Elastisitas/MOE (Fengky, 2015). Gambar 9.3 berikut ini memperlihatkan kondisi balok kayu yang mengalami keretakan alami.



**Gambar 9.3.** Keretakan Alami Kayu

Dari gambar 9.3 tersebut cukup menegaskan bahwa retakan balok yang terjadi adalah retakan searah serat yang memanjang pada balok.

**d. Ketahanan (*bending resistance*)**

Dalam Konstruksi kayu sangat penting memperhitungkan kemampuan kayu dalam ketahanannya terhadap pelekukan (*bending resistance*). Pada kondisi alamiah pelekukan umumnya karena terjadinya pelepasan kadar air dari batang kayu. Namun terhadap sistem struktur sendiri pelekukan dapat terjadi karena kurangnya ketahanan balok kayu yang digunakan didalam mereduksi pembebanan yang di terimanya. Pada kasus yang demikian dapat di sebabkan karena kurangnya pemahaman material kayu oleh perencana, pengguna atau manusia yang akan membangun suatu konstruksi balok kayu.

Terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu sebagaimana disebutkan diatas, maka selanjutnya dipandang penting untuk memadukan pemahaman faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu tersebut dengan sifat-sifat mekanik kekuatan balok kayu dalam suatu konstruksi balok kayu, yang meliputi :

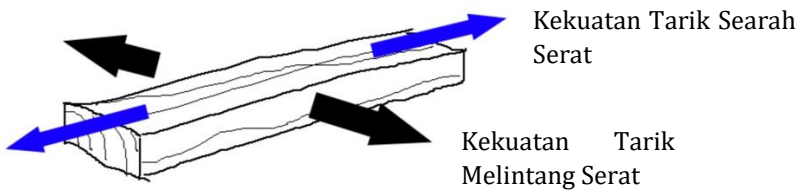
- a. Terjadinya kekuatan geser.  
Kekuatan geser balok kayu terjadi sejajar dengan arah serat kayu.
- b. Terjadinya kekuatan tarik.  
Kekuatan tarik balok kayu terjadi sejajar dengan arah serat kayu.

- c. Terjadinya tegangan tekanan tegak lurus.  
Tegangan tekanan tegak lurus pada serat balok kayu berupa beban tekan yang tepat sejajar dengan arah serat.
- d. Terjadinya tegangan tekanan sejajar/searah serat.  
Tegangan tekanan sejajar/searah serat balok kayu berupa beban tekan yang tepat searah serat atau kearah panjang balok.
- e. Terjadinya pembengkokan  
Pembengkokan balok kayu dapat terjadi sejajar arah serat sehingga balok kayu perlu diperhatikan juga Modulus Elastisitasnya (MOE)

Dari pemahaman analisis karakteristik balok kayu tersebut maka diharapkan para perencana, pelaksana ataupun masyarakat yang akan melaksanakan suatu pekerjaan konstruksi kayu sudah dapat mengetahui seberapa jauh kemantapan material yang akan digunakan untuk mencegah terjadinya kegagalan konstruksi.

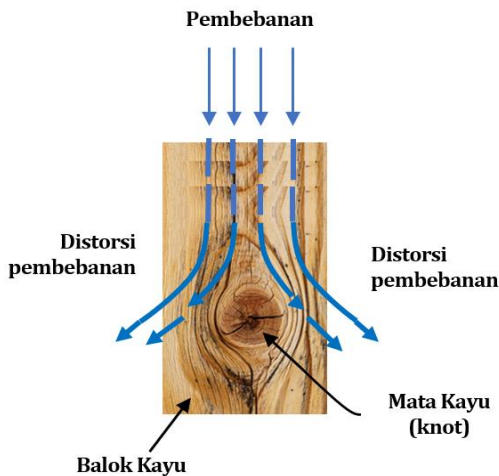
Dengan mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan konstruksi kayu (*wood strength*) menjadikan konstruksi yang dibangun mampu menunjukkan kapasitas ketahanan fisis dan mekanismenya dalam menghadapi tekanan atau pembebanan dalam menjalankan fungsi strukturnya.

Pada gambar 9.4 berikut dapat dilihat mekanisme visual batang kayu yang mengalami pembeban ketika telah digunakan dalam konstruksi balok kayu.



**Gambar 9.4.** Mekanisme Visual Batang Kayu

Pada gambar 9.5 berikut ini menunjukkan terjadinya distorsi pembebanan pada konstruksi balok kayu pada saat batang kayu terbebani. Distorsi terjadi karena penggunaan balok kayu yang memiliki mata kayu (*knot*).



**Gambar 9.5.** Distorsi Pembebanan pada Konstruksi Balok Kayu

Dari pendekatan-penekatan implementasi lapangan dan literatur sebagaimana telah diuraikan diatas maka diharapkan para perencana, pelaksana ataupun masyarakat yang akan

melaksanakan pekerjaan konstruksi kayu dapat lebih memahami hal-hal yang akan memberikan pengaruh besar terhadap konstruksi kayu.

Pemilihan konstruksi kayu tentunya didasari atas pertimbangan kemudahan atau kesederhanaan dalam proses pekerjaan/instalasi serta kesesuaian dengan lingkungan sekitar (*environmental compatibility*).

Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa penggunaan material kayu dalam konstruksi kayu maka kekuatan konstruksinya sangat erat kaitannya dengan pengaruh bahan/material kayu yang digunakan. Oleh karenanya untuk menghindari kegagalan konstruksi dan pengeluaran biaya berlebihan yang seharusnya tidak perlu terjadi maka diperlukan perencanaan yang matang dan pengetahuan dasar tentang sifat fisis dan mekanis kayu. Apabila tingkat pemahaman sifat fisis dan mekanis telah dimiliki sebelum merencanakan atau membangun konstruksi kayu tersebut maka akan diperoleh kemudahan dalam proses pemeliharaan Konstruksi.

Atensi pemeliharaan konstruksi kayu sangat penting dilakukan sebagai tindak lanjut pencapaian azas manfaat dan efektivitas dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan konstruksi kayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Yan Kondo dan Muhammad Arsyad, 2018 Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. INTEK Jurnal Penelitian. Volume 5 (2): 94-97. Doi : <http://dx.doi.org/10.31963/intek.v5i2.578>
- Mody Lempang, Pemanfaatan Lignin Sebagai Bahan Perekat Kayu, Jurnal Info Teknis EBONI Vol. 13 No. 2, Desember 2016 : 139 – 150
- Elke Mergny, Raquel Mateo, Miguel Esteban, Thierry Descamps, Pierre Latteur, 2016. Influence Of Cracks On The Stiffness Of Timber Structural Elements” World Conference on Timber Engineering (WCTE). Austria, Agustus 2016.
- Fengky S. Yoresta, 2015. Modulus Elastisitas Dan Kekuatan Lentur Balok Kayu Laminasi. Jurnal Rekayasa Sipil, ISSN 1858-2133, Vol 11 No 1.

# **BAB 10**

## **IMPLEMENTASI STRUKTUR KAYU PADA KONSTRUKSI**

**Oleh Indra Komara**

### **10.1 Perencanaan Struktur Kuda-Kuda Kayu**

Kuda-kuda atap merupakan elemen penting dalam struktur konstruksi atap. Komponen ini terdiri dari balok melintang yang bertanggung jawab menahan gaya tarik, serta balok penopang yang menahan gaya tekan. Fungsi utama kuda-kuda atap adalah menopang dan mendukung gording, kasau, dan lapisan atap. Meskipun atap dirancang agar memiliki bobot yang ringan, konstruksi kuda-kuda atap harus tetap kuat dan mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan eksternal seperti suhu, cuaca, serta mampu melindungi dari gaya horizontal seperti angin dan gempa, serta risiko kebakaran.

Pada konstruksi atap, pemilihan bahan yang tepat juga sangat penting. Kuda-kuda atap biasanya menggunakan kayu sebagai bahan utama karena sifatnya yang kuat dan mudah diolah. Namun, terdapat pilihan bahan penutup atap yang bervariasi, seperti genteng flam, genteng pres, sirap, seng gelombang, atau genteng dan pelat semen berserat. Pemilihan konstruksi dan bahan penutup atap ini akan mempengaruhi kemiringan atap yang optimal serta daya tahan keseluruhan struktur atap terhadap berbagai faktor eksternal.

Dalam perencanaan konstruksi kuda-kuda atap, juga perlu memperhatikan faktor keamanan terhadap bahaya kebakaran. Penggunaan bahan penutup atap yang tahan api dapat meningkatkan perlindungan terhadap risiko kebakaran. Selain itu, sambungan antara kuda-kuda atap juga harus dirancang dengan baik dan menggunakan metode yang tepat, seperti penggunaan paku, baut, atau hubungan gigi untuk memastikan kekokohan dan kestabilan struktur atap secara keseluruhan.

Pemilihan bahan dalam konstruksi atap juga memiliki peran penting. Salah satu bahan utama adalah kuda-kuda kayu. Bahan ini umum digunakan karena kekuatannya dalam menopang beban atap. Selain itu, untuk bahan penutup atap, ada beberapa pilihan seperti genteng flam, genteng pres, sirap, seng gelombang, atau genteng atau pelat semen berserat. Keputusan dalam memilih konstruksi dan bahan penutup atap akan mempengaruhi kemiringan atap yang dihasilkan.

Kemiringan atap juga perlu dipertimbangkan dalam konstruksi. Kemiringan atap dapat mempengaruhi daya tahan atap terhadap cuaca, seperti hujan yang dapat mengalir dengan baik dan mencegah kelembaban terperangkap di bawah atap. Selain itu, kemiringan atap juga dapat mempengaruhi estetika bangunan. Beberapa jenis atap membutuhkan kemiringan tertentu agar terlihat proporsional dan harmonis dengan desain keseluruhan bangunan.

Konstruksi atap harus dirancang dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan dan keamanan. Atap harus tahan terhadap suhu ekstrim, seperti sinar matahari yang dapat menyebabkan kerusakan pada bahan penutup atap. Selain itu, atap juga harus mampu menahan pengaruh cuaca seperti hujan dan kelembaban udara. Faktor keamanan juga



penting, termasuk ketahanan terhadap gaya horizontal seperti angin dan gempa, serta kebakaran.

Dalam keseluruhan konstruksi atap, penting untuk memilih bahan yang tepat dan merancang struktur yang kokoh. Hal ini akan memastikan keberlangsungan atap yang aman dan tahan lama. Selain itu, pemilihan kemiringan atap yang tepat akan memberikan manfaat estetika dan fungsionalitas yang optimal. Dengan perencanaan yang baik, atap dapat memberikan perlindungan yang handal dan menjadi elemen penting dalam desain bangunan.

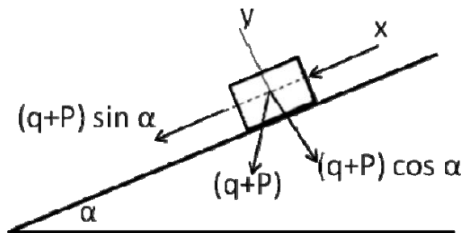
Kuda-kuda atap merupakan struktur yang terdiri dari balok melintang (menerima gaya tarik) dan balok penopang (menerima gaya tekan) yang digunakan untuk menyangga gording, kasau, dan lapisan atap. Meskipun atap tersebut ringan, konstruksi dan penutupnya harus tetap tahan terhadap pengaruh eksternal seperti suhu (sinar matahari), cuaca (hujan dan kelembaban udara), serta keamanan terhadap gaya horizontal (angin dan gempa) dan kebakaran.



**Gambar 10.1.** Ilustrasi rangka kuda-kuda pada perumahan sederhana

Dalam konstruksi atap, bahan utama yang digunakan adalah kuda-kuda kayu. Kuda-kuda kayu berperan sebagai struktur penyangga yang menahan gaya tarik dan tekan. Selain itu, bahan penutup atap juga memainkan peran penting dalam konstruksi atap. Beberapa pilihan bahan penutup atap meliputi genting flam, genteng pres, sirap, seng gelombang, genteng, atau pelat semen berserat. Pemilihan konstruksi dan bahan penutup atap ini akan mempengaruhi kemiringan atap yang optimal serta keseluruhan kekuatan dan kestabilan struktur atap.

Perencanaan kuda-kuda atap membutuhkan beberapa data yang penting. Data yang diperlukan meliputi panjang bentang atap, jarak antara kuda-kuda, jenis gording yang akan digunakan, jenis atap yang akan dipasang, dan juga jenis kayu yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi. Tahap awal dalam perencanaan adalah menentukan jenis dan spesifikasi gording yang sesuai dengan kebutuhan atap. Data-data ini menjadi dasar dalam melakukan perhitungan dan merancang struktur kuda-kuda atap secara tepat.



**Gambar 10.2.** Pembebanan pada gording

Dalam perhitungan gording, penting untuk memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada struktur. Beban mati ( $q$ ) adalah beban yang terdiri dari berat atap dan berat sendiri gording. Sedangkan beban hidup ( $P$ ) adalah beban yang diacu pada standar dan biasanya memiliki nilai 100 kg.

Akibat dari beban-beban ini, timbul momen-momen yang perlu dialokasikan dengan benar. Momen-momen ini berkaitan dengan jenis beban terdistribusi yang ada. Selain itu, ada juga momen akibat beban mati yang harus diperhitungkan.

$$M_x = \frac{1}{8} q \sin \sin \propto L^2 \quad (1)$$

$$M_x = \frac{1}{8} q \cos \cos \propto L^2 \quad (2)$$

Akibat beban hidup adalah sebagai berikut:

$$M_x = \frac{1}{4} P \sin \sin \propto L^2 \quad (3)$$

$$M_x = \frac{1}{4} P \cos \cos \propto L^2 \quad (4)$$

Dimana  $M_x$  adalah momen arah x,  $M_y$  adalah momen arah y, dan  $L$  adalah jarak kuda-kuda.

$$\sigma t = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq F_b' \quad (5)$$

Dimana  $\sigma t$  adalah tegangan lentur yang terjadi akibat beban,  $M$  adalah momen lentur, dan  $W$  adalah momen tahanan.

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{1}{2} \cdot h} \rightarrow I_x = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad (6)$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{1}{2} \cdot b} \rightarrow I_y = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 \quad (7)$$

$F_b'$  adalah kuat lentur terkoreksi (tergantung jenis kayu)

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x} \leq f_{izin} = \frac{1}{200} \cdot L \quad (6)$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y} \leq f_{izin} = \frac{L}{200} \quad (7)$$

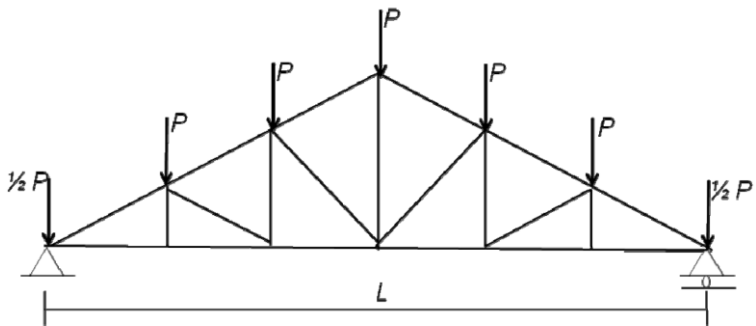
$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_{izin} \quad (8)$$

Dalam perhitungan perencanaan kuda-kuda atap, terdapat beberapa parameter yang digunakan. Salah satunya adalah  $f$  yang merupakan lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja. Beban terbagi rata atau beban mati dinyatakan dengan  $q$ , sedangkan beban terpusat atau beban hidup dinyatakan dengan  $P$ . Jarak antara kuda-kuda atap ditandai dengan  $L$ . Selain itu, terdapat juga parameter  $E$  yang merupakan modulus elastisitas lentur kayu, serta  $I$  yang merupakan momen inersia penampang. Semua parameter ini digunakan dalam perhitungan untuk memastikan kekuatan dan kestabilan kuda-kuda atap yang direncanakan.

Perhitungan lendutan dan momen-momen ini sangat penting dalam merancang struktur kuda-kuda atap yang dapat menahan beban dengan aman. Dengan memperhitungkan beban terbagi rata, beban terpusat, jarak kuda-kuda, modulus elastisitas, dan momen inersia penampang, dapat ditentukan dimensi dan spesifikasi yang tepat untuk kuda-kuda kayu yang digunakan. Hal ini akan memastikan bahwa atap memiliki kekuatan dan stabilitas yang memadai untuk menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut.

Dalam perhitungan batang kuda-kuda, terdapat dua jenis beban yang diperhitungkan, yaitu beban mati dan beban hidup. Beban mati meliputi berat atap, berat gording, dan berat sendiri kuda-kuda, yang dapat ditaksir secara perhitungan. Sedangkan beban hidup ( $P$ ) ditetapkan sebesar 100 kg untuk setiap titik buhul, mengacu pada standar PMI tahun 1987.

Beban mati dan beban hidup ini bekerja pada kuda-kuda dalam bentuk beban terpusat vertikal pada setiap titik buhul, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 10.3. Dalam perencanaan, perhitungan ini penting untuk menentukan kekuatan dan dimensi yang tepat untuk batang kuda-kuda. Dengan mengetahui beban-beban yang bekerja, perhitungan tersebut akan memberikan informasi tentang bagaimana kuda-kuda dapat menanggung dan mendistribusikan beban dengan aman dan efisien.



**Gambar 10.3.** Pembebanan beban mati dan beban hidup pada kuda-kuda

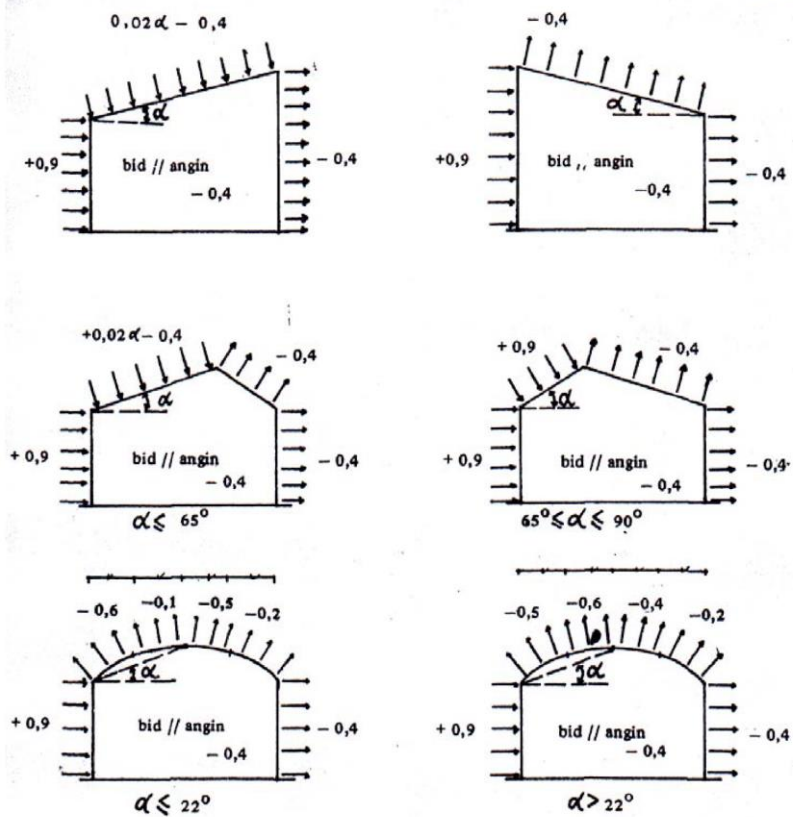
Total beban mati dijadikan sebagai beban terpusat bekerja vertikal pada tiap titik buhul.

#### a. Beban angin (W)

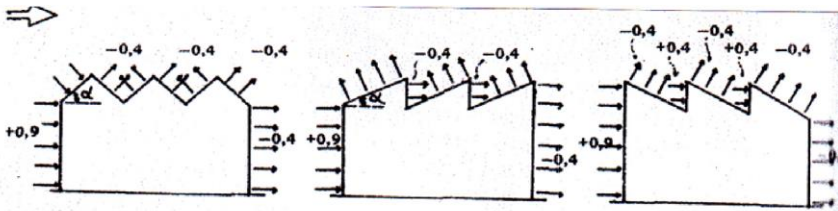
Perhitungan tekanan angin pada atap sangat bergantung pada lokasi geografis tempat tersebut. Secara umum, tekanan angin minimum yang harus dipertimbangkan adalah 25 kg/m<sup>2</sup>. Namun, ketika bangunan berlokasi di dekat laut atau tepi pantai hingga jarak 5 km dari pantai, tekanan angin minimum yang harus diperhitungkan meningkat

menjadi 40 kg/m<sup>2</sup> sesuai dengan standar PMI tahun 1987. Selain itu, perlu juga memperhatikan koefisien angin tiup (C1) dan angin tekan (C2), yang nilainya tergantung pada sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ) dan bentuk bukaan atap seperti yang tergambar dalam Gambar 10.4a, Gambar 10.4b, dan Gambar 10.4c. Semua parameter ini menjadi penting dalam perhitungan untuk memastikan bahwa atap mampu menahan tekanan angin yang bekerja dan menjaga keamanan struktur atap secara keseluruhan.

Perhitungan tekanan angin pada atap tidak hanya mempengaruhi kekuatan atap itu sendiri, tetapi juga merujuk pada perlindungan terhadap elemen-elemen struktural lainnya. Tekanan angin yang tinggi dapat menyebabkan beban lateral yang signifikan pada konstruksi atap, dan oleh karena itu perlu diperhatikan dengan cermat dalam perencanaan dan perhitungan. Dengan memperhitungkan tekanan angin yang tepat, desainer dan insinyur dapat menentukan dimensi dan kekuatan struktur atap yang sesuai, serta memilih bahan dan sistem sambungan yang mampu menahan gaya-gaya tersebut. Hal ini penting untuk menjaga keamanan, kekuatan, dan kinerja struktur atap dalam menghadapi beban angin yang dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografisnya.



**Gambar 10.4a.** Koefisien angin bangunan tertutup

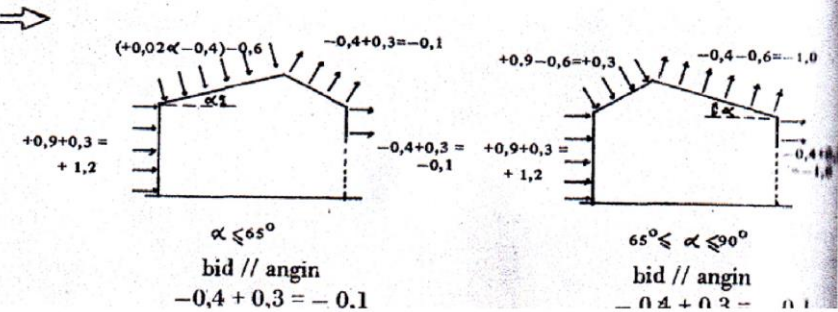
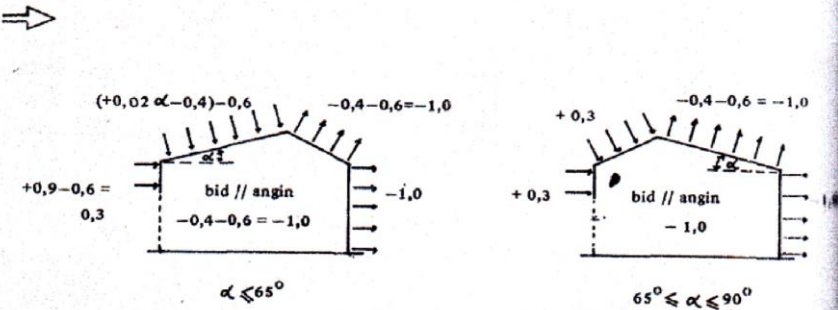


bid // angin - 0,4

untuk bidang-bidang atap dipihak angin :

$$\alpha < 65^\circ \rightarrow (+0,2\alpha - 0,4) \quad ; \quad 65^\circ < \alpha < 90^\circ \rightarrow +0,9$$

Bangunan terbuka sebelah :



**Gambar 10.4b.** Koefisien angin bangunan tertutup

Besarnya beban angin untuk tiap titik buhul :

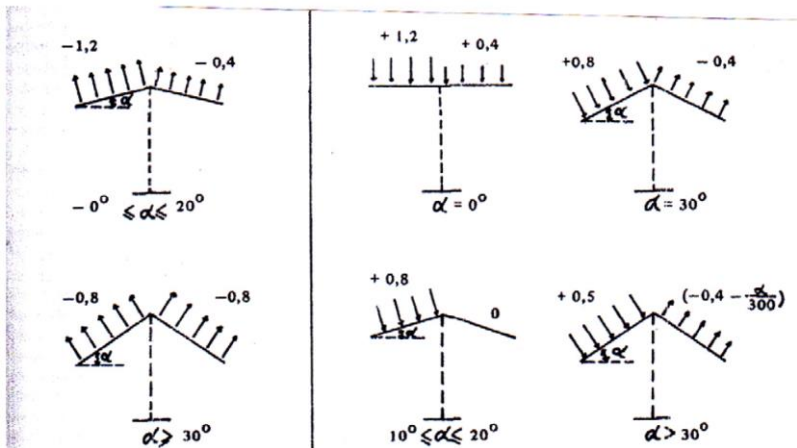
$$W1 = C1.p.F \text{ (angin tiup)}$$

(9)



$W_2 = C_2 \cdot p \cdot F$  (angin tekan)  
 Dimana  $F$  adalah luas bidang atap antara kuda-kuda

(10)

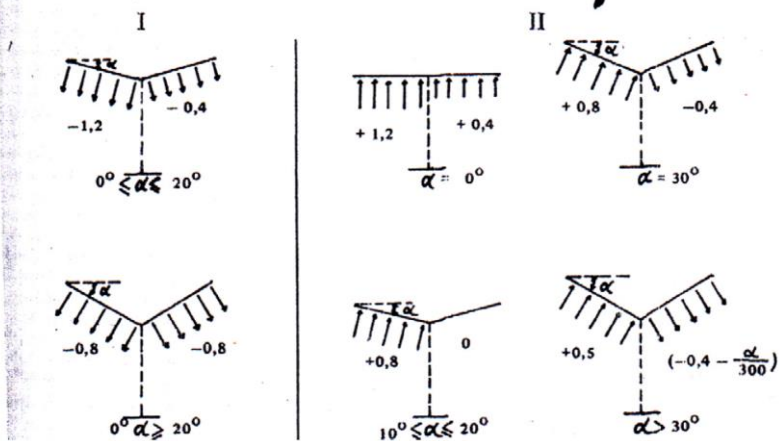


( untuk  $\alpha$  yang terdapat diantaranya, diadakan interpolasi linier)

pelana terbalik tanpa dinding :

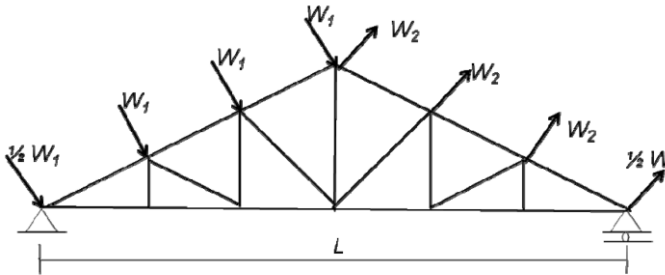
diperhitungkan menurut keadaan yang paling berbahaya diantara 2 cara

(cara I dan II)



**Gambar 10.4c.** Koefisien angin bangunan tanpa dinding

Bentuk cara kerja beban angin pada kuda-kuda diperlihatkan pada Gambar 10.5.



**Gambar 10.5.** Pembebanan beban angin bpada kuda-kuda

Perhitungan gaya pada batang-batang konstruksi kuda-kuda atap dapat dilakukan dengan menggunakan metode mekanika teknik, baik secara analitis maupun grafis. Dalam perhitungan ini, gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi gaya akibat beban mati, beban hidup (P), dan beban angin (W). Gaya-gaya ini mempengaruhi dimensi dan kekuatan batang-batang kuda-kuda yang digunakan dalam konstruksi atap.

Dalam menghitung dimensi batang pada konstruksi kuda-kuda, terdapat beberapa prinsip yang diperhatikan. Jika konstruksi kuda-kuda memiliki simetri, maka perhitungan hanya perlu dilakukan untuk separuh konstruksi tersebut. Hal ini mempermudah perhitungan dan menghasilkan dimensi yang seragam pada kuda-kuda atap. Selain itu, dalam perencanaan batang tarik dan batang tekan, digunakan gaya terbesar yang dihasilkan berdasarkan persyaratan tarik dan tekan yang telah ditetapkan dalam standar perencanaan.

Dengan menggunakan metode perhitungan yang tepat, baik secara analitis maupun grafis, dapat dipastikan bahwa batang-batang konstruksi kuda-kuda atap memiliki dimensi yang memadai dan mampu menahan gaya-gaya yang bekerja padanya. Hal ini penting untuk menjaga kekokohan dan kestabilan struktur atap serta memastikan keselamatan dan ketahanan terhadap beban yang diterima, termasuk beban mati, beban hidup, dan beban angin.

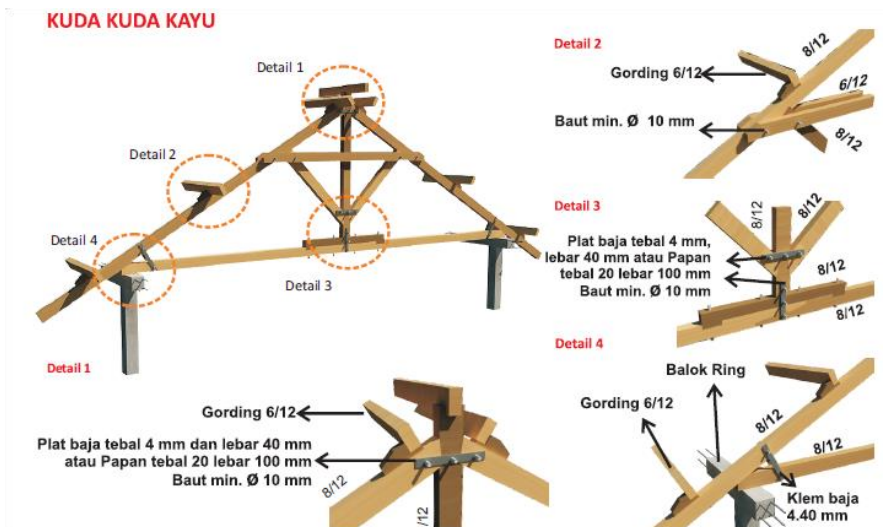
Sambungan antar batang kuda-kuda menggunakan metode yang disebut buhul. Alat sambungan yang digunakan bisa berupa paku atau baut, sementara untuk sambungan di kaki kuda-kuda digunakan hubungan gigi. Perhitungan sambungan disesuaikan dengan jenis alat sambung yang digunakan untuk memastikan kekuatan dan keamanan struktur kuda-kuda atap.

## **10.2 Ilustrasi Konstruksi Struktur Kayu**

### **10.2.1 Teknis Struktur Atap Tahan Gempa**

Dalam perencanaan struktur atap yang tahan terhadap gempa, perhatian khusus perlu diberikan pada penghubungan elemen-elemen bangunan agar membentuk satu kesatuan yang kokoh. Hal ini terutama berlaku pada sambungan konstruksi pondasi, dinding, dan atap. Pada rangka atap, penting untuk mengikatnya secara kuat dengan balok dan kolom untuk mengurangi risiko pergeseran saat terjadi gempa. Selain itu, perlu dipasang balok penopang pada konstruksi atap untuk mendistribusikan beban atap secara merata ke seluruh struktur. Pada titik sambungan kayu, disarankan untuk menggunakan baut dan tulangan guna meningkatkan kekuatan dan stabilitasnya.

Selain memperhatikan sambungan dan pengikatan, penting juga untuk mempertimbangkan penggunaan plat pengikat dan sambungan kayu dengan baut untuk menjaga kestabilan konstruksi atap pada bangunan tempat tinggal. Diameter baut dan jangkar yang digunakan sebaiknya memiliki ukuran minimal 12 mm untuk memastikan kekuatan yang memadai. Selain itu, dalam memilih material penutup atap, disarankan untuk memilih bahan yang ringan namun tetap layak digunakan. Hal ini akan membantu menjaga keseimbangan pada kuda-kuda atap serta meminimalkan beban yang bekerja pada struktur secara keseluruhan.

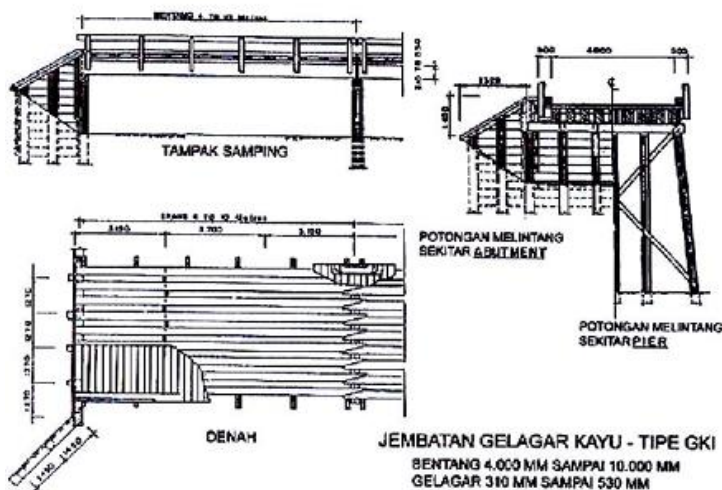


**Gambar 10.6.** Detail sambungan kuda-kuda kayu

## **10.2.2 Jembatan Kayu**

Penggunaan bahan kayu dalam konstruksi jembatan memiliki beberapa keuntungan. Pertama, kayu memiliki berat yang ringan, sehingga memudahkan dalam proses konstruksi dan pengangkutan material. Selain itu, kayu juga merupakan bahan yang relatif murah, terutama di daerah-daerah dengan sumber daya hutan yang melimpah. Kelebihan lainnya adalah kemudahan dalam pengerjaan konstruksi, yang mengakibatkan biaya pembangunan yang lebih rendah. Selain itu, penggantian bagian-bagian jembatan kayu juga lebih mudah dilakukan. Hal ini membuat perawatan dan pemeliharaan jembatan menjadi lebih efisien dan biaya penggantian yang lebih terjangkau. Keunggulan lainnya adalah pelaksanaan konstruksi yang cepat dan dapat dilakukan oleh tenaga kerja yang tersedia di berbagai lokasi.

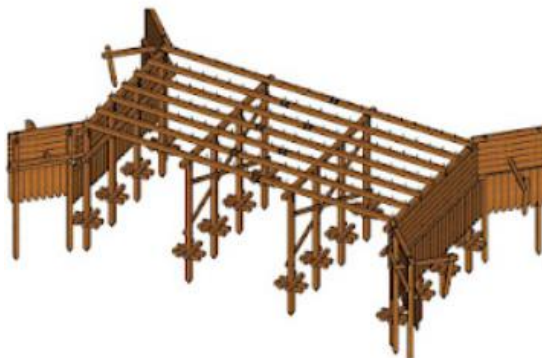
Dalam perhitungan jembatan kayu, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah menghindari paparan lengas tinggi atau kelembaban yang berlangsung dalam jangka waktu lama. Hal ini dapat merusak kualitas kayu dan mengurangi masa pakai jembatan. Selain itu, penting juga untuk merencanakan pemeliharaan dan penggantian bagian-bagian jembatan dengan biaya yang rendah serta tanpa mengganggu lalu lintas. Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut, konstruksi jembatan kayu dapat dirancang dan dikelola dengan efisien, sehingga memastikan keberlanjutan dan kinerja yang optimal.



**Gambar 10.7.** Detail sambungan kuda-kuda kayu

### 10.2.3 Papan Lantai Kayu

Perhitungan papan lantai kayu adalah sebagai berikut sebagai ilustrasi pekerjaan.



**Gambar 10.8.** Papan lantai jembatan kayu

Tebal papan lantai jembatan ditentukan dengan persamaan

$$d = \sqrt{\frac{3 \cdot \phi \cdot P \cdot L_{th}}{2 \cdot b \cdot F_b'}} \quad (11)$$

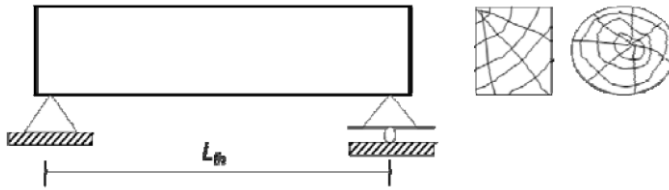
Dimana  $d$  adalah tebal papan,  $\phi$  adalah faktor kejut =  $1 + (20 / (50 + L_{th}))$ , nilainya (1,4 – 1,5),  $P$  adalah muatan titik terbesar dari tekanan roda kendaraan,  $L_{th}$  adalah jarak teoritis antara balok,  $b$  adalah lebar papan, dan  $F_b'$  adalah kuat lentur terkoreksi (tergantung jenis kayu).

Apabila ada lapisan aspal dan berat sendiri papan diperhitungkan, maka :

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{b \cdot F_b'}} \quad (12)$$

Pada perhitungan struktur atap kayu, terdapat beberapa variabel yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah tebal papan ( $d$ ) yang digunakan dalam konstruksi. Selain itu, momen ( $M_u$ ) yang terjadi dapat dihitung dengan menjumlahkan momen akibat beban mati ( $M_q$ ) dan momen akibat muatan titik terbesar dari tekanan roda kendaraan ( $M_p$ ). Lebar papan ( $b$ ) juga menjadi faktor yang perlu diperhitungkan dalam perhitungan tersebut. Selain itu, kuat lentur terkoreksi ( $F_b'$ ) juga diperhitungkan tergantung pada jenis kayu yang digunakan dalam struktur atap. Semua variabel ini perlu dipertimbangkan secara cermat dalam perencanaan dan perhitungan untuk memastikan kekuatan dan kestabilan struktur atap kayu.

## 10.2.4 Papan Lantai Kayu



**Gambar 10.9.** Balok Jembatan

Balok / gelagar jembatan kayu harus memenuhi ketentuan berikut :

Berdasarkan kekuatan:

$$M_u \leq \lambda \cdot \phi_b \cdot M' \quad (12)$$

Dimana  $M_u$  adalah momen terfaktor,  $\lambda$  adalah faktor waktu,  $\phi_b$  adalah faktor tahanan lentur, dan  $M'$  adalah tahanan lentur terkoreksi.

Berdasarkan kekakuan :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L_{th}^4}{E \cdot I} \leq f_{izin} = \frac{L_{th}}{300} \quad (12)$$

Dimana  $f$  adalah lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja,  $q$  adalah beban terbagi rata,  $L_{th}$  adalah panjang bentang teoritis,  $E$  adalah modulus elastisitas kayu,  $I$  adalah momen inersia penampang.

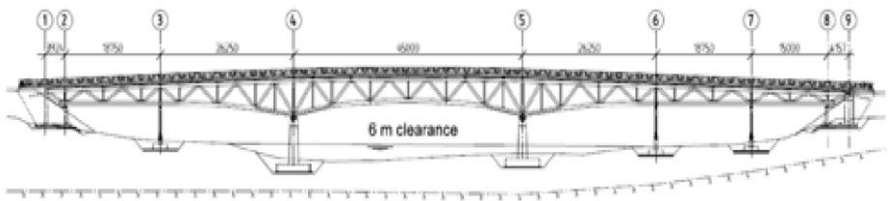
## 10.2.5 Jembatan Kayu Balok Laminasi

Konstruksi kayu dengan teknik laminasi tidak hanya terbatas pada bangunan gedung seperti yang terlihat dalam gambar di atas. Di Norwegia, teknik ini telah berhasil digunakan untuk membangun jembatan yang bahkan dapat dilalui oleh kendaraan tank tempur. Hal ini menggambarkan kekuatan luar

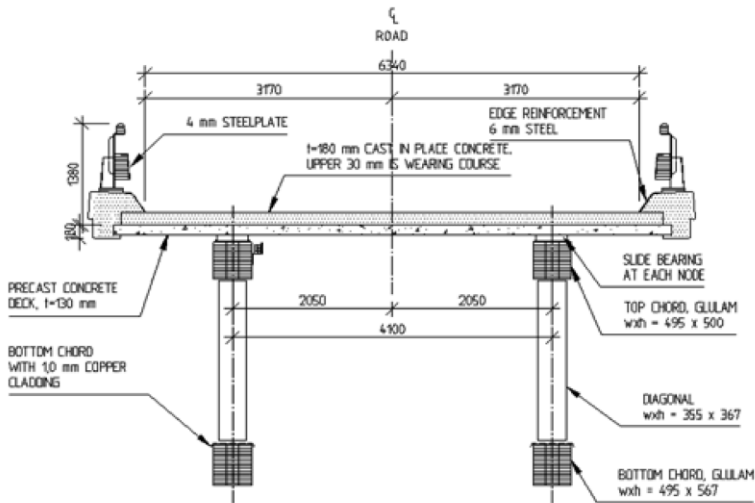


biasa dari konstruksi kayu laminasi ini, sehingga mereka dengan bangga menyebutnya sebagai jembatan kayu terkuat di dunia.

Penggunaan konstruksi kayu laminasi dalam pembangunan jembatan menunjukkan kemajuan dan inovasi yang signifikan dalam industri konstruksi. Material kayu yang diolah dan dipadu dengan teknik laminasi mampu memberikan kekuatan dan ketahanan yang sebanding dengan material konstruksi tradisional lainnya. Keunggulan ini memungkinkan penggunaan jembatan kayu laminasi untuk aplikasi yang lebih berat, bahkan melebihi ekspektasi pada kendaraan berat seperti tank tempur. Hal ini membuka potensi baru dalam pemanfaatan kayu sebagai bahan konstruksi yang kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan.

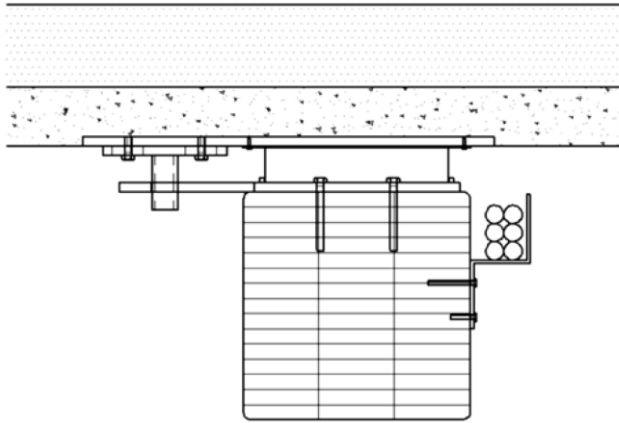


**Gambar 10.10.** Contoh jembatan kayu dengan bentang 45 m



**Gambar 10.11.** Penampang tengah jembatan kayu

Hal menarik yang perlu dilihat adalah detail sambungan precast deck ke elemen kayu laminasi bagian atas. Dari gambar 7 di atas dapat diketahui bahwa sistem sambungan precast deck dan kayu adalah tidak menyatu, mereka bisa bergeser. Ini penting untukantisipasi kembang susut kedua bahan yang berbeda. Ini hebatnya perancangan struktur yang mereka buat. Mau lihat detail hubungan deck dan kayu, adalah sbb:



**Gambar 10.12.** Detail sambungan precast deck dan kayu laminasi atas

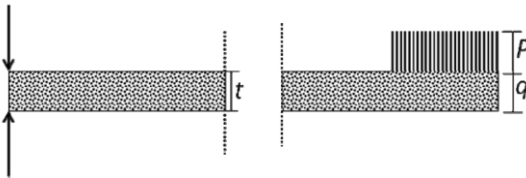
Perlu diperhatikan bahwa terdapat bagian yang dapat menyebabkan deformasi precast deck tidak sejalan dengan deformasi kayu laminasi. Dengan demikian, ketika terjadi perubahan dimensi pada deck, hal ini tidak akan menghasilkan tegangan akibat efek restrain pada rangka kayu. Hal ini mirip dengan prinsip struktur statis tertentu di mana deformasi tidak mempengaruhi secara signifikan sistem secara keseluruhan.

Kelebihan dari desain ini adalah kemampuannya dalam mengatasi perbedaan deformasi antara precast deck dan kayu laminasi. Dengan memisahkan kedua elemen ini secara relatif independen, dampak kembang susut pada deck tidak akan merusak integritas atau stabilitas rangka kayu. Ini menunjukkan pendekatan yang cerdas dalam merancang struktur yang memungkinkan deformasi terjadi tanpa menimbulkan masalah serius pada keseluruhan sistem.

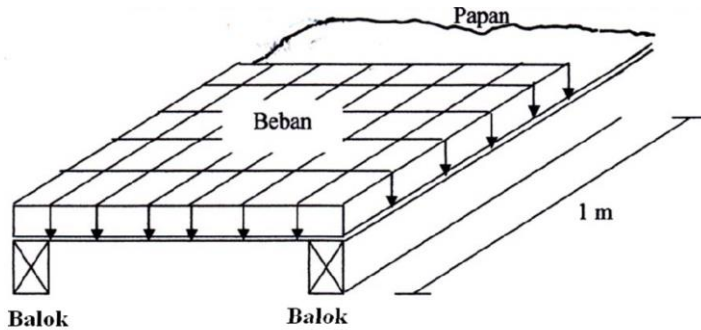
### 10.2.6 Perancah atau Bekisting

Dalam perhitungan perencanaan bekisting, terdapat beberapa data yang diperlukan, antara lain tebal plat beton, berat jenis beton, dan jenis kayu yang digunakan. Perhitungan bekisting mempertimbangkan beban-beban tertentu, seperti beban mati dan beban hidup. Beban mati merupakan berat sendiri beton ( $q$ ), sedangkan beban hidup meliputi beban orang-orang yang bekerja di atas plat, tumpukan adukan beton, dan gerobak ( $P = 500 \text{ kg/m}^2$ ). Total beban pada perancah adalah hasil penjumlahan beban tetap dan beban sementara ( $q + P$ ).

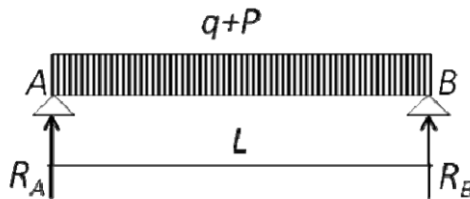
Dalam perhitungan bekisting, data-data tersebut menjadi dasar untuk mengestimasi kekuatan dan stabilitas bekisting selama proses pengecoran beton. Dengan mempertimbangkan beban-beban yang bekerja, perencana dapat menentukan dimensi dan kekuatan yang dibutuhkan untuk mendukung beton yang sedang dicor. Penting untuk memperhitungkan beban hidup seperti beban orang-orang dan peralatan yang ada di atas bekisting, karena hal ini dapat mempengaruhi kinerja dan keamanan konstruksi secara keseluruhan.



**Gambar 10.13.** Pembebanan pada bekisting



**Gambar 10.14.** Pembebanan ditinjau untuk sebuah jalur selebar 1 meter



**Gambar 10.15.** Pembebanan pada papan

Reaksi perletakan dan momen terfaktor berurutan sebagai berikut:

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \cdot L \quad (12)$$

$$M_U = \frac{1}{8} \cdot (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \cdot L^2 \quad (13)$$

Dalam perhitungan dimensi papan dalam konstruksi, biasanya dipertimbangkan lebar 1 meter sebagai acuan. Dimensi ini harus memenuhi ketentuan perhitungan balok lentur untuk memastikan kekuatan yang memadai. Selain itu, dalam perhitungan tersebut, perlu diperhatikan faktor layan basah (CM) yang biasanya memiliki nilai 0,85 untuk papan kayu. Faktor ini berperan dalam memperhitungkan pengaruh kelembaban pada kinerja struktur dan harus dipertimbangkan

secara seksama untuk memastikan keamanan dan keandalan papan dalam kondisi yang berbeda.

Perlu dicatat bahwa faktor-faktor lain, seperti jenis kayu yang digunakan dan kondisi lingkungan, juga dapat mempengaruhi perhitungan dimensi papan. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan perhitungan konstruksi, penting untuk menggunakan data yang akurat dan mempertimbangkan semua faktor yang relevan. Dengan demikian, dimensi papan yang sesuai dapat dipilih dan digunakan untuk memastikan kekuatan dan keberlanjutan struktur yang direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1977). A pattern language: Towns, buildings, construction. Oxford University Press.
- Chui, Y. H., & Ramli, M. (2009). Timber structures: Design, construction, and maintenance. CRC Press.
- Coutts, M. P. (2012). Timber frame construction: All about post-and-beam building. Taunton Press.
- Hoadley, R. B. (2000). Understanding wood: A craftsman's guide to wood technology. Taunton Press.
- Kermani, A. M., & Kam, W. (2013). Timber design and construction sourcebook: A practical guide to modern methods and materials. Wiley.
- Laming, P. R. (2010). Timber engineering: Structures and design. CRC Press.
- National Design Specification® (NDS®) for Wood Construction. (2020). American Wood Council.
- Ozelton, E. C., & Baird, J. A. (2013). Timber construction manual. Wiley.
- Structural Timber Design to Eurocode 5. (2016). IStructE (The Institution of Structural Engineers) and TRADA (The Timber Research and Development Association).
- Trew, G., & Eaton, R. (2015). Timber framing for the rest of us: A guide to contemporary post and beam construction. New Society Publishers.





# **BAB 11**

## **SAMBUNGAN KAYU DENGAN ALAT SAMBUNG PAKU DAN BAUT**

**Oleh Erny**

### **11.1 Sambungan Struktur Kayu**

Struktur kayu memerlukan alat sambungan untuk menyatukan elemen batang kayu menjadi rangka struktur. Struktur kayu seringkali terjadi kegagalan pada sambungan maka sambungan perlu di desain sedemikian rupa dan mengikuti ketentuan standar sehingga mampu menahan beban pada struktur tersebut (Firdausy, 2020).

Tujuan diadakan sambungan kayu adalah untuk menginginkan panjang yang diinginkan atau membentuk konstruksi rangka batang yang diinginkan atau memperoleh batang yang dibutuhkan untuk membentuk konstruksi rangka batang. Penyambungan Struktur kayu harus memperhatikan syarat sambungan dan gaya yang bekerja pada sambungan (Kawet, 2018).

1. Gaya tarik  
sambungan kedua batang harus mengakait agar tidak lepas jika terjadi gaya tarik
2. Gaya Tekan  
sambungan kedua batang harus menempel rapat jika terjadi gaya tekan.

### 3. Gaya Putir

sambungan kedua batang harus mencengkeram agar tidak mudah jungkit keatas jika terjadi gaya puntir

### 4. Gaya Lintang dan Momen

Gaya lintang akan menyebabkan gaya bergeser dan momen akan menyebabkan suatu benturan maka sambungan harus kuat.

Jenis – jenis sambungan bermacam-macam:

#### 1. Sambungan ke arah Panjang

Cara ini dengan memperoleh panjang yang diinginkan

#### 2. Sambungan menyudut

Sambungan ini terdiri dua batang kayu atau lebih yang terletak dalam satu garis lurus akan tetapi membentuk sudut

#### 3. Sambungan dengan pengunci

Sambungan dengan menggunakan satu pengunci pada satu titik sambungan dengan dua batang atau lebih kayu. Hal dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan kayu atau kekakuan kayu yang besar.

#### 4. Sambungan bersusun atau sambungan dengan kekuatan balok.

Sambungan dari berbatang kayu yang disusun menjadi satu kesatuan.

Untuk mendapat sambungan kuat dan awet pelaksanaan sambungan harus memperhatikan (Puspantoro,1995) antara lain:

1. kayu yang disambung harus pasangan yang pas (Tidak longgar),

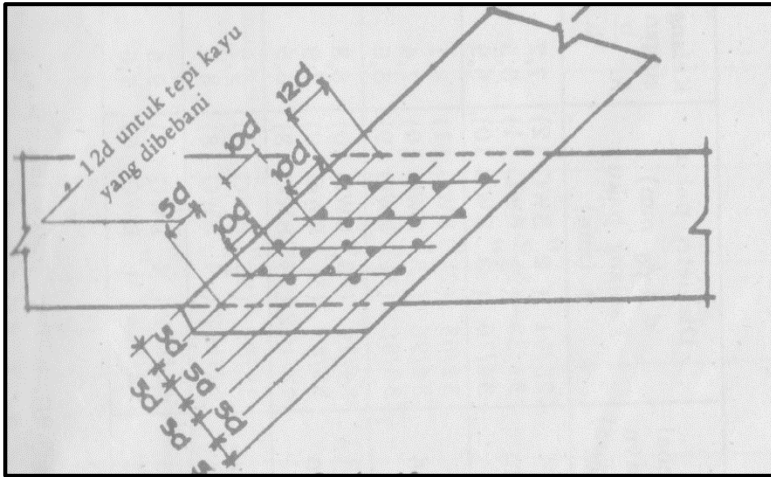
2. Cara mengerjakan sambungan kayu tidak boleh merusak kayu (salah bor, gergaji dan lain-lain),
3. Sebelum kedua kayu di sambung, sebaiknya di gunakan cairan pengawet pada bidang sambungan,
2. Sambungan bersusun sebaiknya tidak boleh lebih dari tiga batang kayu.
3. Sambungan pengunci hanya satu titik untuk dua batang kayu. Sambungan paku, dan baut merupakan alat penyambung yang sering digunakan rangka struktur untuk sambungan.

## **11.2 Sambungan Paku**

Sambungan Paku adalah Pin logam yang ditajamkan masuk di dalam kayu dengan menggunakan palu atau pemaku mekanis (Alen edward, 2005).

Sambungan paku memiliki keunggulan (Felix, 1999), memberikan perlemahan yang kecil 10% dan relatif diabaikan, Efisiensi kekakuan sambungan cukup besar, struktur lebih kaku. Syarat-syarat serta cara perhitungan dan perencanaan sambungan kayu tertuang dalam PPKI pasal 15 . ( PPKI, 1961 )

1. Paku yang digunakan mempunyai tampang berbentuk bulat persegi atau beralur lurus
2. Sambungan paku paling sedikit di pakai 4 buah paku  
Jarak paku minimum harus memenuhi syarat dapat lihat pada gambar 11.1.



**Gambar 11.1.** Penempatan Paku ( PPKI,1961)

3. Jika dalam satu baris lebih dari 10 batang kekuatan paku dikurangi dikalikan 0,90, dan kelipatannya

Kekuatan paku (S) yang bertampang bulat terdapat pada tabel 11.1. berikut.

**Tabel 11.1.** Daftar Beban Yang Diperkenankan Per Paku

| No | Tebal kayu b (mm) | Diameter kayu D (1/10 mm)<br>Panjang Paku 1 (mm) | Kelangsingan kayu<br>$\lambda = b/b$ | 1/b | S Kekuatan 1 paku tampang paku (kg)        |                                             |                                             |                                             |
|----|-------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|--------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
|    |                   |                                                  |                                      |     | BJ 0,3 g/cm <sup>3</sup><br>$\sigma ds 75$ | BJ 0,4 g/cm <sup>3</sup><br>$\sigma ds 100$ | BJ 0,5 g/cm <sup>3</sup><br>$\sigma ds 125$ | BJ 0,6 g/cm <sup>3</sup><br>$\sigma ds 150$ |
| 1  | 20                | 28/51 (2" BWG 12)                                | 7,2                                  | 25  | 20                                         | 27                                          | 34                                          | 41                                          |
|    |                   | 31/63 (2 ½ "BWG 11)                              | 6,5                                  | 3,2 | 23                                         | 31                                          | 38                                          | 46                                          |
|    |                   | 34/76 (3" BWG 10)                                | 5,9                                  | 3,8 | 25                                         | 34                                          | 42                                          | 51                                          |
| 2  | 25                | 31/63 (2 ½ "BWG 11)                              | 8,1                                  | 2,5 | 24                                         | 33                                          | 42                                          | 50                                          |
|    |                   | 34/76 (3" BWG 10)                                | 7,4                                  | 3,0 | 32                                         | 40                                          | 50                                          | 60                                          |
|    |                   | 38/89 (3 ½ " BWG 9)                              | 6,6                                  | 3,6 | 35                                         | 47                                          | 59                                          | 70                                          |
| 3  | 30                | 34/76 (3" BWG 10)                                | 8,8                                  | 2,5 | 30                                         | 40                                          | 50                                          | 60                                          |
|    |                   | 38/89 (3 ½ " BWG 9)                              | 7,9                                  | 3,0 | 38                                         | 50                                          | 63                                          | 75                                          |
|    |                   | 42/102 (4 " BWG 8)                               | 6,5                                  | 3,4 | 47                                         | 63                                          | 78                                          | 94                                          |
| 4  | 35                | 38/89 (3 ½ " BWG 9)                              | 9,2                                  | 2,5 | 38                                         | 50                                          | 63                                          | 75                                          |
|    |                   | 42/102 (4 " BWG 8)                               | 8,3                                  | 2,9 | 36                                         | 61                                          | 77                                          | 92                                          |
| 5  | 40                | 42/102 (4 " BWG 8)                               | 9,5                                  | 2,5 | 46                                         | 61                                          | 77                                          | 92                                          |
|    |                   | 52/114 (4 ½ " BWG 6)                             | 7,6                                  | 2,9 | 70                                         | 94                                          | 118                                         | 142                                         |

SUMBER (PPKI,1961)

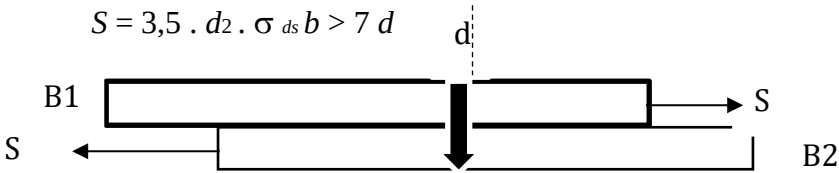
Catatan: Paku memenuhi syarat penampang Dua maka kekuatan paku menjadi 2 x S

6. Jika yang menyimpang dari daftar yang terdapat pada Tabel 11.1 dapat dipakai rumus dibawah ini :

**a. Untuk sambungan bertampang satu.**

$$S = 1/2 \cdot b \cdot d \cdot \sigma_{ds} \quad b < 7 d$$

$$S = 3,5 \cdot d^2 \cdot \sigma_{ds} \quad b > 7 d$$

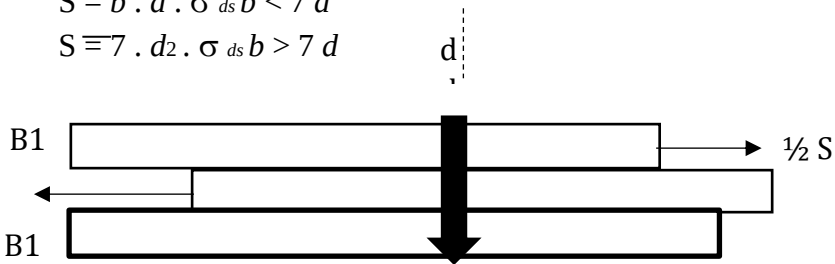


**Gambar 11.2.** Penampang Satu Pada Sambungan Kayu

**b. Untuk sambungan bertampang dua.**

$$S = b \cdot d \cdot \sigma_{ds} \quad b < 7 d$$

$$S = 7 \cdot d^2 \cdot \sigma_{ds} \quad b > 7 d$$



**Gambar 11.3.** Penampang Dua Pada Sambungan Kayu

Keterangan

$S$  = kekuatan yang diijinkan per paku (kg/cm<sup>2</sup>).

$b$  = Tebal kayu (mm).

$\sigma_{ds}$  = Tegangan ijin desak kayu (kg/cm<sup>2</sup>).

$d$  = Diameter paku (mm) terdapat pada tabel 2.berikut.

**Tabel 11.2.** Paku Kawat Biasa

| No | Ukuran Kayu | d (mm) |
|----|-------------|--------|
| 1  | 2 “ BWG 12  | 2,77   |
| 2  | 2 “ BWG 11  | 3,05   |
| 3  | 2 “ BWG 10  | 3,40   |
| 4  | 2 “ BWG 11  | 3,05   |
| 5  | 2 ½ “BWG 10 | 3,40   |
| 6  | 2 ½ “BWG 9  | 3,76   |
| 7  | 3 “ BWG 10  | 3,40   |
| 8  | 3 “ BWG 9   | 3,76   |
| 9  | 3 “ BWG 8   | 3,19   |
| 10 | 3 ½ “BWG 9  | 3,76   |
| 11 | 3 ½ “BWG 8  | 4,19   |
| 12 | 3 ½ “BWG 7  | 4,57   |
| 13 | 4 “ BWG 8   | 4,19   |
| 14 | 4 “ BWG 7   | 4,57   |
| 15 | 2 “ BWG 6   | 5,15   |

SUMBER (PPKI,1961)

Maka Rumus :

Paku yang digunakan (N) =  $P$  (beban) /  $S$  (kekuatan paku)

Contoh soal 1.

Sebuah batang kayu *bj* 0,4 berukuran 4/6 menahan beban tarik sebesar  $P = 300$  kg.

Rencanakan sambungannya dengan paku jika di gunakan paku 4 “ BWG 8.

Penyelesaian

Tabel 11.1 maka *bj* 0,4 tebal 40 mm paku 4 “ BWG 8.

Didapat  $S = 46$ .

=  $300 / 46 = 6.5 \sim 7$  buah Paku yang digunakan.

### 11.3 Sambungan Baut

Sambungan baut diselipkan kedalam lubang aliran dan di putar melalui obeng atau dikunci, baut ini harga lebih mahal dan pengerjaan lebih lama dari pada paku (Alen edward, 2005).

Sambungan baut memiliki persyaratan diatur pada PKKI Pasal 14 :

Sambungan dengan baut dibagi dalam 3 golongan sesuai dengan klasifikasi kekuatan kayu (Kelas Kuat I, II, dan III). Agar sambungan dapat memberikan hasil yang sebaik-baiknya, maka besarnya  $S$  untuk  $\lambda_b = b/d$  dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

**Tabel 11.3.** Kekuatan Sambungan Paku (S)

| Kelas Kayu (Kuat) | Kekuatan Kayu (S)                                  | Keterangan                            |
|-------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| I                 | $S = 50 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$  | Penampang Satu ( $\lambda_b = 4,8$ ). |
|                   | $S = 240 \cdot d_2 (1 - 0,6 \sin \alpha).$         |                                       |
| II                | $S = 40 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$  | Penampang satu ( $\lambda_b = 5,4$ ). |
|                   | $S = 215 \cdot d_2 (1 - 0,35 \sin \alpha).$        |                                       |
| III               | $S = 25 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$  | Penampang satu ( $\lambda_b = 6,8$ ). |
|                   | $S = 170 \cdot d_2 (1 - 0,35 \sin \alpha).$        |                                       |
| I                 | $S = 125 \cdot d \cdot b_3 (1 - 0,6 \sin \alpha).$ | Penampang Dua ( $\lambda_b = 3,8$ ).  |
|                   | $S = 250 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$ |                                       |



| Kelas Kayu (Kuat) | Kekuatan Kayu (S)                                  | Keterangan                           |
|-------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                   | $S = 480 \cdot d_2 (1 - 0,35 \sin \alpha).$        |                                      |
| II                | $S = 100 \cdot d \cdot b_3 (1 - 0,6 \sin \alpha).$ | Penampang Dua ( $\lambda_b = 4,3$ ). |
|                   | $S = 200 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$ |                                      |
|                   | $S = 430 \cdot d_2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$         |                                      |
| III               | $S = 60 \cdot d \cdot b_3 (1 - 0,6 \sin \alpha).$  | Penampang Dua ( $\lambda_b = 5,3$ ). |
|                   | $S = 120 \cdot d \cdot b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha).$ |                                      |
|                   | $S = 340 \cdot d_2 (1 - 0,35 \sin \alpha).$        |                                      |

**Maka Rumus :**

Baut digunakan (N) =  $P$  (beban) / (S (kekuatan paku)  $\times \delta \times \alpha$ )

*Keterangan*

S = Kekuatan sambungan paku (kg) ambil nilai terkecil

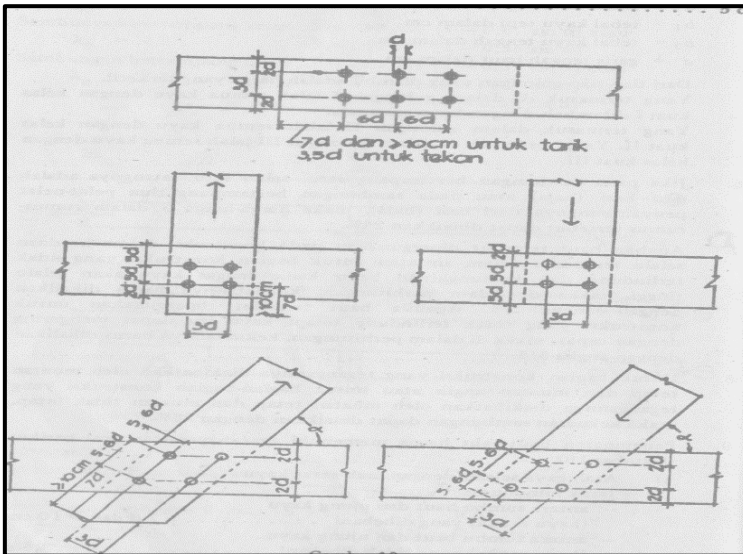
$\alpha$  = Sudut arah gaya .

d = diameter baut (cm) untuk inchi diubah cm dikalikan 2,54 cm

$\partial$  = Pembebanan tetap(1), sementara 5/4, khusus 3/2

$\lambda$  =Konsruksi terlindung (1),terlindung cepat kering 5/6, terlindung basah 2/3

2. Baut harus memenuhi penempatan syarat sebagai berikut :



**Gambar 11.4.** Penempatan Baut ( PPKI,1961)

### Contoh soal

Batang kayu Sungkai ukuran kayu 16/20 disambung dengan dua penampang antara sesamanya dengan baut 3/4" dengan gaya yang dipikul 2500 kg. Kondisi beban tetap dan struktur terlindung. Rencanakan sambungan baut dan detailnya.

### Penyelesaian

Kayu Sungkai merupakan golongan kelas kuat III dengan sambungan tampang dua, didapat kekuatan perbaut

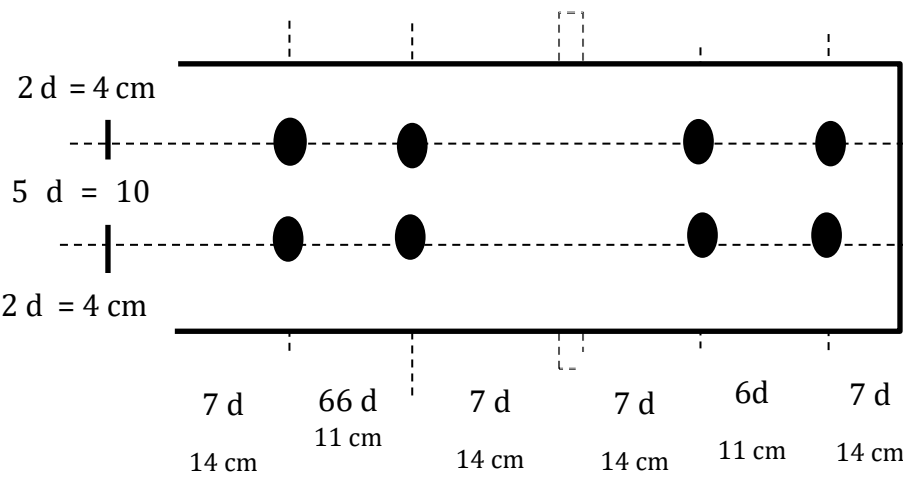
$$d = \frac{3}{4} \times 2,54 = 1,91 \text{ cm}$$

$$S = 60 \cdot d \cdot b_3 = 60 \cdot 1,91 \cdot 16 = 1833,6 \text{ kg}$$

$$S = 120 \cdot d \cdot b_1 = 120 \cdot 1,91 \cdot 8 = 1833,6 \text{ kg}$$

$$S = 340 \cdot d_2 = 340 \cdot 1,91 = 649,4 \text{ kg}$$

Maka Kekuatan Paku ( s) diambil yang terkecil = 649, 4  
 Baut dibutuhkan =  $2500 / (649,4 \times 1 \times 1) = 3,85 \sim 4$  buah.



**Gambar 11.5.** Detail Sambungan Baut Soal Contoh

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen edward, 2005, *Dasar-dasar Konstruksi Bangunan*. Erlangga, Jakarta.
- Direktorat penyelidikan masalah bangunan, 1961. *Peraturan konstruksi Kayu Indonesia NI-5*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Felix Yap, K.H., 1997. *Konstruksi Kayu*, Binacipta, Bandung
- Firdausy Ihsan, dkk, 2020. *Desain Struktur Kayu dengan metode LRFD*. UB Press. Malang.
- Kawet Rifana, 2018. *Konstruksi Bangunan*. Deepublish, Yogyakarta.
- Puspontaro Benny, 1995. *Konstruksi Bangunan Gedung dengan menggunakan sambungan kayu pintu dan jendela*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Surya, Eka. *Aneka Cara Menyambung Kayu*. Puspa Swadaya, Jakarta.

## BIODATA PENULIS



**Prof. Dr. Ir. Erniati. ST., MT.**

Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Fajar

Penulis lahir di Watampone, 06 Oktober 1977. Penulis anak ke dua dari pasangan Drs. H. Bachtiar Rasyid (Alm) dan Hj. Hatijah Nur. Penulis Guru Besar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Penulis menikah dengan Dr. Nur Zaman, SP., M.Si pada tahun 2006 dan Penulis telah memiliki 1 putra 2 putri yaitu Fitrah Alif Firmasnyah, Fadhilah Dwi Fatimah dan Faiqah Fauziah. Penulis menyelesaikan studinya S1–Sarjana Teknik (S.T) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia (UMI) tahun 2000, S2 –Magister Teknik (M.T) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Univeristas Gadjah Mada (UGM) tahun 2003, S3–Program Doktor (Dr) Program studi ilmu Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2015. Mengikuti Program Profesi Insinyut (PPI) di UNHAS tahun 2019 dan telah peroleh gelar Insinyur (Ir) Tahun 2020. Bergabung jadi Dosen Tetap pada Universitas Fajar sejak tahun 2008 - sekarang. Penulis telah meraih Guru Besar menjelang umur 45 tahun tepatnya pada tanggal 1 Otober 2022 di bidang Teknik Struktur dan Material. Penulis mengampu mata kuliah Teknologi Bahan, Statika, Topik Khusus Struktur, Teknologi

Bahan lanjut. Penulis sangat tertarik tentang penelitian tentang Self Compacting Concrete (SCC), Beton Geopolimer dengan Bahan Dasar Limbah Fly Ash, Beton Ringan dengan Agregat Buatan dari Limbah Plastik. Penulis telah menulis beberapa jurnal nasional dan internasional dan buku. Penulis sebagai Ketua Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Internal LP2MI (2015-2019), Dekan FT (2019-sekarang), asesor BKD dan Verifikator Sinta serta Ketua Tim PAK pada Universitas Fajar. SINTA ID: 5975589; Scopus ID:56568222900, email: [erni@unifa.ac.id](mailto:erni@unifa.ac.id).

## **BIODATA PENULIS**



**Ir. Iis Roin Widiati, ST., MT**

Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Yapis Papua

Penulis lahir di Jayapura tanggal 02 Oktober 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil di ITN Malang dan melanjutkan S2 di ITB. Penulis menekuni penelitian di bidang Struktur Teknik Sipil.

## BIODATA PENULIS



**Fahmy Rinanda Saputri, S.T., M.Eng.**

Dosen Program Studi Teknik Fisika  
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia  
Nusantara

Penulis lahir pada bulan Agustus 1993 di Cilacap. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan studi pada Program Magister Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang instrumentasi, fisika bangunan, dan energi baru terbarukan.



## BIODATA PENULIS



**Dr. Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., IPM**

Dosen Program Studi Teknik Pengairan  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan tanggal 4 Desember 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil Unhas dan menyelesaikan S3 pada Jurusan Teknik Sipil Unhas. Penulis menekuni bidang ilmu Teknik Pantai, Sedimen dan Konstruksi Bangunan.

Penulis juga sudah menerbitkan buku dengan judul : Fungsi Tiang Pada Gerusan, Pemanfaatan Gerakan Vertikal Gelombang (Energi Gelombang), Penulis juga aktif melakukan penelitian dan pengabdian pada masyarakat yang artikel nya dimuat pada Jurnal Nasional, Internasional dan Prosiding diantaranya Pengaruh Tinggi Gelombang terhadap Tekanan pada Pompa

Gelombang Tipe Pelampung, Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Debit Yang dihasilkan Pada Pompa Air Laut, Pemanfaatan Drainase Silinder Berpori yang Berwawasan Lingkungan Kelurahan Tamarunang Kecamatan Somba Opu, Partisipasi Masyarakat Dalam Mengatasi Sampah Pada Saluran Drainase Dengan Sistem Trash Rack Di Kelurahan Tamarunang Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa. The effect of flow velocity on local scaling around hexagonal pillars (laboratory model test), Preliminary design of wave energy utilization model simulation for buoy type seawater pumps, Utilization of Vertical Wave Movement for Sea Water Pumpin.

## BIODATA PENULIS



**Dr.Ir. Nenny, S.T.,M.T., IPM.**

Dosen Program Studi Teknik Pengairan  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Makassar tanggal 16 Maret 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Keairan. Penulis juga sudah menerbitkan buku dengan judul : Pengembangan Model Pengolahan Air Media Filter Zeolit Alam, Tirai Sayap Beton pada Pilar Jembatan, Proteksi Gerusan Pilar Jembatan, disamping menulis buku penulis juga aktif melakukan penelitian dan pengabdian pada masyarakat dalam lima tahun terakhir antara lain yang dibiayai oleh Ristek Dikti adalah Uji Model Bio-Aktivator Dengan Menggunakan Zeolit Alam Sulawesi – Selatan Sebagai Media Filter untuk Air Minum, Model Saluran Drainase Bersilinder Pori Berwawasan Lingkungan Pereduksi Banjir Genangan Perkotaan dan Tirai Sayap Beton Pereduksi Gerusan pada Pilar Jembatan,

Pamanfaatan Drainase Silinder Berpori yang Berwawasan Lingkungan Kelurahan Tamarunang Kecamatan Somba Opu, Partisipasi Masyarakat Dalam Mengatasi Sampah Pada Saluran Drainase Dengan Sistem Trash Rack Di Kelurahan Tamarunang Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa. Jalin kerja sama dengan penulis via surel **[nennykarim@unismuh.ac.id](mailto:nennykarim@unismuh.ac.id)**.

## **BIODATA PENULIS**



### **Dr. Hasmar Halim, ST., MT.**

**Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Dr. Ir. Hasmar Halim, ST., MT. Lahir di Kota Makassar pada tanggal 29 Mei 1967. Pada Tahun 1985 diterima sebagai staf instruktur di Politeknik UNHAS dan mengikuti ikatan dinas pada tahun yang sama untuk melanjutkan studi di Politeknik ITB Jurusan Teknik Sipil. Proses penyelesaian studi ditempuh selama 3 tahun. Pada tahun 1990 terangkat menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Politeknik UNHAS yang kemudian hari berubah menjadi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kemudian pada Tahun 1992 diberi kesempatan untuk melanjutkan pendidikan untuk tingkat Strata 1 di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (UNHAS) dan diselesaikan pada Tahun 1997. Setelah pendidikan strata 1 diselesaikan pada Tahun 1997 terangkat menjadi Dosen Tetap di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP). Pada Tahun 1999 menerima amanah dari Pimpinan Politeknik untuk melanjutkan pendidikan di Pascasarjana Universitas

Brawijaya Malang Jurusan Teknik Sipil. Pendidikan Strata 2 diselesaikan pada Tahun 2001. Selanjutnya pada periode Tahun 2013 – 2018 diberi kesempatan untuk melanjutkan pendidikan tingkat doktoral di Pascasarjana Universitas Hasanuddin Jurusan Teknik Sipil. Selama mengabdikan di Politeknik Negeri Ujung Pandang penulis mengampuh beberapa mata kuliah Rekayasa Lalu lintas, Pelabuhan, Ilmu Ukur Tanah, Perencanaan Perkerasan Jalan, Perencanaan Geometrik Jalan, Aplikasi Komputer, GIS dll. Disamping buku, ada beberapa artikel ilmiah telah penulis publikasikan baik nasional maupun pada jurnal internasional berreputasi. Minat penelitian adalah pada bidang Keselamatan Jalan (road safety), Rekayasa lalu lintas (Traffic Engineering), Perkerasan Jalan (road pavement).

## BIODATA PENULIS



**Dr. Rahmani Kadarningsih, S.T., M.T.**

Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir di Kotabaru, Kalimantan Selatan tanggal 30 April 1978. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2001 dan melanjutkan S2 di Program Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro pada tahun 2002. Setelah menyelesaikan S2 penulis bekerja sebagai dosen struktur di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo pada tahun 2006. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi S3 di Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada. Penulis aktif melakukan penelitian tentang struktur dan beton bertulang. Setelah menyelesaikan S3, penulis kembali ke Jurusan Teknik Sipil UNG sebagai dosen matakuliah Struktur Kayu, Struktur Baja dan Struktur Beton. Email penulis rkadarningsih@ung.ac.id.

## **BIODATA PENULIS**



**Ir. Dani Nugroho Saputro, S.Pd.T., M.Eng.**

Dosen Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Klaten tanggal 27 Desember 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan UNY dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Struktur di UGM, memperoleh gelar Insinyur (Ir) di UNS Solo. Penulis menekuni bidang penelitian dan menulis terkait topik struktur terutama analisis struktur dan struktur kayu, BIM dan beberapa topik struktur lainnya.



## BIODATA PENULIS



**Dr., Ir., Muhammad Syarif, ST., MT., MM., MH., IPM., MPU., ASEAN Eng**  
Dosen Prodi Teknik Arsitektur dan Prodi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 16 September 1971. Penulis adalah dosen tetap Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Penulis menyelesaikan studinya pada Sekolah Menengah (STM) Negeri 1 Makassar tahun 1990, pendidikan S1 pada Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia tahun 1997, S2 pada Universitas Hasanuddin tahun 2011 dan S3 juga pada Universitas Hasanuddin tahun 2019 dengan konsentrasi keilmuan Struktur Konstruksi dan Material. Penulis juga menyelesaikan Pendidikan S2 ilmu Ekonomi dan Manajemen pada STIEM Bongaya Makassar pada tahun 2019 serta S2 ilmu Hukum Pidana tahun 2023 pada Universitas Bosowa Makassar. Selain sebagai dosen tetap Unismuh

Makassar penulis juga sebagai tenaga ahli konstruksi.

## BIODATA PENULIS



### **Dr. Ir. Indra Komara, ST, MT**

Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITATS

Penulis berlatar belakang dalam bidang keteknipsipilan lebih dari 10 tahun. Selain itu penulis terlibat sebagai tenaga ahli dengan pengalaman lebih besar dari 15 tahun dalam dunia konstruksi bangunan Gedung dan jembatan. Disamping itu penulis aktif sebagai penulis dan koresponding author dalam jurnal Nasional dan Jurnal Internasional yang menerbitkan lebih dari 30 Jurnal. Telah menerbitkan 5 Buku berupa book chapter dan monograf. Sebagai tambahan penulis juga aktif sebagai Editor dan reviewer Jurnal Nasional terakreditasi Sinta 3 – 5 dan aktif reviewer Jurnal Internasional terindex Scopus.

Penulis sebagai lulusan dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan Eskisehir Technical University. Selain itu penulis juga terlibat dalam pengembangan riset dan Kerjasama dengan Kumamoto University dan Pecs University. Penulis pernah

mendapatkan Young Research Award dari Global Research and Development Services di Lisbon, Portugal tahun 2017 dan granted as Research Chair di Kumamoto University tahun 2019. Lainnya, penulis pernah aktif sebagai Invited lecturer di Guilin University of Electronic Technology pada tahun 2018 – 2021.

## **BIODATA PENULIS**



**Erny, S.T., M.T.**

Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Institut Teknologi Dan Bisnis Indragiri

Penulis lahir di Tanjung Pinang tanggal 20 Oktober 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik di Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri, menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan teknik sipil tahun 2009 di Universitas Islam Riau dan melanjutkan S2 pada jurusan Geoteknik jalan raya (2016 – 2020) di Universitas Islam Riau. Saat ini penulis sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri, Selain sebagai seorang pengajar penulis juga aktif bekerja di CV. Ritra Consultant sebagai tenaga ahli madya teknik bangunan gedung. Email penulis [erny201084@gmail.com](mailto:erny201084@gmail.com).