

# **STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALISIS RANGKA ATAP WPC DAN BAJA RINGAN**

**Ridho Fajar Muhammad**  
**NRP: 1221903**

**Pembimbing : Ir. Ginardy Husada., MT.**

## **ABSTRAK**

Indonesia adalah negara penghasil kayu namun semakin lambatnya produksi kayu menyebabkan manusia membuat material komposit. Material komposit adalah campuran dari dua atau lebih material yang diciptakan untuk mengurangi penggunaan material yang hampir habis atau sulit diproduksi di alam. WPC atau kayu plastik dan baja ringan adalah contoh dari material komposit yang beredar di Indonesia, penggunaan baja ringan untuk material penyusun rangka atap bangunan menjadi acuan untuk mencoba penggunaan WPC sebagai alternatif material penyusun rangka atap.

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini untuk mengetahui perbandingan antara rangka atap dari baja ringan dengan rangka atap WPC dari segi kekuatan dan segi kekakuan dengan menggunakan acuan perhitungan dari SNI 7971:2013 tentang baja ringan dan untuk perhitungan WPC menggunakan perhitungan yang diusulkan oleh Haiar (2000), Slaughter (2004), dan Balma (1999) . Adapun pengujian laboratorium adalah untuk mendapatkan data defleksi aktual yang akan dibandingkan dengan hasil dari pemodelan *virtual* untuk rangka atap baja ringan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangka atap baja ringan dapat menahan kuat tarik sebesar 27153,14 N dan gaya tekan sebesar 24010,82 N, untuk rangka atap WPC belum mampu menahan kuat tarik namun mampu menahan kuat tekan. Untuk pengujian laboratorium didapatkan defleksi sebesar 27,676 mm dengan beban maksimum sebesar 3652,565 N dan terjadi kegagalan struktur berupa tekuk lokal pada batang tekan. WPC belum bisa digunakan sebagai material penyusun rangka atap.

Kata kunci : material komposit, WPC, baja ringan, rangka atap.

# ***EXPERIMENTAL STUDIES AND ANALYSIS OF THE WOOD-PLASTIC COMPOSITE AND COLD-FORMED STEEL ROOF TRUSS***

**Ridho Fajar Muhammad**  
**NRP: 1221903**

***Supervisor : Ir. Ginardy Husada., MT.***

## ***ABSTRACT***

*Indonesia is the world's leading wood exporter, but due to slow nature in its production, people tend to diverge from wood to other composite materials. Composite material itself is defined as a mixture of two or more materials created to reduce the usage of non-renewable materials naturally found in nature, such as wood. WPC (short for Wood-Plastic Composite) and cold-formed steel are two of the most used composite materials used in Indonesia. The use of cold-formed steel as a component for roof truss is used as a comparative method to test the WPC as an alternative component for the roof truss.*

*This study aims to compare the two materials as a component for the roof truss: WPC and cold-formed steel, physically and stiffnessally. This research uses the standardized calculations SNI 7971:2013 for cold-formed steel, and the calculation proposed by Haiar (2000), Slaughter (2004), and Balma (1999) for calculations regarding WPC. Lab testing will be performed to determine the actual (lab-testing) deflection data and the deflection data provided by means of modelling.*

*The results showed that both of cold-formed steel roof truss able to hold a tensile strength of 27153,14 N and compressive strength of 24010,82 N, for WPC roof truss is unable to hold tensile strength but able to hold compressive strength. For deflection data lab testing for cold-formed steel roof truss showed deflection by 27.676 mm for maximum load of 3652.565 N, and structural failure (local buckling) was detected in stress frame. WPC unable to be an alternative component for the roof truss.*

*Keywords: composite material, WPC, cold-formed steel, roof truss.*

# DAFTAR ISI

|                                                                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                                                             | i     |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                                        | ii    |
| PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR .....                              | iii   |
| PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN .....                                  | iv    |
| SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR .....                                             | v     |
| SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR .....                                     | vi    |
| KATA PENGANTAR .....                                                           | vii   |
| ABSTRAK .....                                                                  | ix    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                                          | x     |
| DAFTAR ISI .....                                                               | xi    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                            | xiv   |
| DAFTAR TABEL .....                                                             | xvi   |
| DAFTAR NOTASI .....                                                            | xviii |
| <br>                                                                           |       |
| BAB I    PENDAHULUAN .....                                                     |       |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                        | 1     |
| 1.2 Tujuan Penelitian.....                                                     | 2     |
| 1.3 Ruang Lingkup Pembahasan .....                                             | 2     |
| 1.4 Sistematika Penulisan.....                                                 | 4     |
| <br>                                                                           |       |
| BAB II    DASAR TEORI .....                                                    |       |
| 2.1 <i>Plastic Composite</i> .....                                             | 5     |
| 2.1.1 Sejarah .....                                                            | 5     |
| 2.1.2 Jenis-jenis Polimer.....                                                 | 6     |
| 2.2 <i>Wood Plastic Composite (WPC)</i> .....                                  | 7     |
| 2.2.1 Sejarah .....                                                            | 7     |
| 2.2.2 Pengertian .....                                                         | 8     |
| 2.2.3 Proses Pembuatan Komposit Plastik Kayu.....                              | 9     |
| 2.2.4 Karakteristik .....                                                      | 10    |
| 2.2.5 Metode yang Digunakan Untuk Menghitung Desain Ijin ..                    | 12    |
| 2.2.6 Sambungan .....                                                          | 14    |
| 2.3 Baja Ringan .....                                                          | 19    |
| 2.3.1 Pengertian .....                                                         | 19    |
| 2.3.2 Profil Baja Ringan .....                                                 | 20    |
| 2.3.3 Kriteria Untuk Mendesain Kekuatan Profil Baja Ringan..                   | 20    |
| 2.3.4 Perencanaan Profil Baja Ringan .....                                     | 21    |
| 2.3.4.1 Komponen Struktur Yang Menerima Tekan .....                            | 21    |
| 2.3.4.1.1 Perhitungan Titik Berat.....                                         | 23    |
| 2.3.4.1.2 Perhitungan Tekuk <i>Lateral</i> .....                               | 24    |
| 2.3.4.1.3 Perhitungan Tegangan Kritis .....                                    | 30    |
| 2.3.4.1.4 Perhitungan Lebar Efektif Dengan Menggunakan<br>Tegangan Kritis..... | 30    |
| 2.3.4.2 Komponen Struktur Yang Menerima Aksial Tarik .....                     | 31    |
| 2.3.4.2.1 Distribusi Gaya.....                                                 | 32    |
| 2.3.5 Sambungan.....                                                           | 33    |

|                                          |                                                            |    |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----|
| 2.4                                      | Konstruksi Atap.....                                       | 36 |
| 2.4.1                                    | Rangka Atap / Kuda-kuda .....                              | 36 |
| 2.4.1.1                                  | Persyaratan Umum untuk Desain Struktural .....             | 37 |
| 2.4.1.2                                  | Gaya Aksial Tekan Nominal .....                            | 39 |
| 2.4.1.3                                  | Gaya Aksial Tarik Nominal.....                             | 39 |
| 2.4.1.4                                  | Momen Nominal.....                                         | 39 |
| 2.4.1.5                                  | <i>Stress Ratio</i> .....                                  | 40 |
| 2.4.2                                    | Penahan Atap.....                                          | 40 |
| 2.4.3                                    | Pembebanan Pada Atap .....                                 | 42 |
| 2.4.3.1                                  | Beban Mati .....                                           | 42 |
| 2.4.3.2                                  | Beban Hidup.....                                           | 43 |
| 2.4.3.3                                  | Beban Angin.....                                           | 43 |
| 2.5                                      | <i>Hung Ta Testing Machine</i> .....                       | 44 |
| <br>BAB III METODOLOGI DAN ANALISIS DATA |                                                            |    |
| 3.1                                      | Diagram Alir Penelitian.....                               | 48 |
| 3.2                                      | Data Teknis.....                                           | 49 |
| 3.1.1                                    | Rangka Atap .....                                          | 49 |
| 3.1.2                                    | Data Baja Ringan.....                                      | 50 |
| 3.1.3                                    | Data WPC / Kayu Plastik .....                              | 50 |
| 3.3                                      | Pembebanan Rangka Atap.....                                | 50 |
| 3.3.1                                    | Beban Mati .....                                           | 50 |
| 3.3.2                                    | Beban Hidup.....                                           | 51 |
| 3.3.3                                    | Beban Angin.....                                           | 51 |
| 3.4                                      | Perhitungan Gaya Batang .....                              | 52 |
| 3.4.1                                    | Akibat Beban Mati .....                                    | 52 |
| 3.4.2                                    | Akibat Beban Hidup.....                                    | 54 |
| 3.4.3                                    | Akibat Beban Angin.....                                    | 56 |
| 3.5                                      | Pengecekan Profil.....                                     | 57 |
| 3.5.1                                    | Profil Baja Ringan .....                                   | 58 |
| 3.5.1.1                                  | Perhitungan Komponen Struktur Tekan.....                   | 58 |
| 3.5.1.2                                  | Perhitungan Komponen Struktur Tarik Dengan<br>Sekrup ..... | 66 |
| 3.5.2                                    | Profil WPC / Kayu Plastik.....                             | 68 |
| 3.5.2.1                                  | Ketahanan Terhadap Tarik .....                             | 69 |
| 3.5.2.2                                  | Ketahanan Terhadap Tekan .....                             | 70 |
| 3.5.2.3                                  | Perhitungan Sambungan Baut .....                           | 71 |
| 3.6                                      | Kontrol Lendutan.....                                      | 75 |
| 3.7                                      | Perhitungan Menggunakan <i>SAP2000</i> .....               | 76 |
| <br>BAB IV EVALUASI                      |                                                            |    |
| 4.1                                      | Segi Kekuatan.....                                         | 83 |
| 4.2                                      | Segi Kekakuan.....                                         | 83 |
| <br>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN           |                                                            |    |
| 5.1                                      | Kesimpulan.....                                            | 84 |
| 5.2                                      | Saran .....                                                | 85 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 86  |
| DAFTAR LAMPIRAN ..... | 88  |
| LAMPIRAN 1 .....      | 89  |
| LAMPIRAN 2 .....      | 96  |
| LAMPIRAN 3 .....      | 101 |
| LAMPIRAN 4 .....      | 105 |
| LAMPIRAN 5 .....      | 106 |
| LAMPIRAN 6 .....      | 108 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                                                               |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1  | Perbandingan penggunaan dan produksi kayu tahun<br>2008-2013 (kementrian kehutanan Republik Indonesia)        | 1  |
| Gambar 1.2  | Profil C untuk Baja Ringan                                                                                    | 3  |
| Gambar 1.3  | WPC <i>type geotek</i>                                                                                        | 3  |
| Gambar 2.1  | Proses pembuatan komposit plastik                                                                             | 9  |
| Gambar 2.2  | <i>Yield model</i> Eropa ( <i>American Forest &amp; Paper Accosiation</i> )                                   | 15 |
| Gambar 2.3  | Profil C tanpa lidah                                                                                          | 24 |
| Gambar 2.4  | Profil C dengan lidah                                                                                         | 24 |
| Gambar 2.5  | Profil <i>omega</i> dengan pengaku tengah                                                                     | 25 |
| Gambar 2.6  | Profil <i>omega</i> tanpa pengaku tengah                                                                      | 26 |
| Gambar 2.7  | Jarak pusat geser, konstanta torsi, dan konstanta pilin untuk<br>penampang-penampang tertentu (SNI 7971:2013) | 28 |
| Gambar 2.8  | Faktor koreksi ( $k_t$ ) untuk elemen yang diarsir<br>(SNI 7971:2013)                                         | 33 |
| Gambar 2.9  | Contoh bentuk rangka atap (JAYAWAN constuction,<br>2015)                                                      | 37 |
| Gambar 2.10 | <i>Universal Testing Machine tipe HT-9601</i> di Universitas<br>Kristen Maranatha                             | 45 |
| Gambar 3.1  | Diagram alir tugas akhir                                                                                      | 48 |
| Gambar 3.2  | Desain rangka atap untuk profil baja ringan                                                                   | 49 |
| Gambar 3.3  | Desain rangka atap untuk profil kayu plastik (WPC)                                                            | 49 |
| Gambar 3.4  | Tampilan hasil lendutan pada rangka atap baja ringan                                                          | 75 |
| Gambar 3.5  | Tampilan hasil lendutan pada rangka atap WPC                                                                  | 76 |
| Gambar 3.6  | Tampilan <i>Material Type</i>                                                                                 | 77 |
| Gambar 3.7  | Tampilan <i>Input Material Property Data</i>                                                                  | 77 |
| Gambar 3.8  | Tampilan <i>Input</i> dimensi profil C                                                                        | 78 |
| Gambar 3.9  | Tampilan model struktur atap baja ringan dan WPC                                                              | 78 |
| Gambar 3.10 | Tampilan <i>joint forces</i> untuk menginput beban                                                            | 79 |
| Gambar 3.11 | Tampilan <i>release/ partial fixity</i>                                                                       | 79 |
| Gambar 3.12 | Tampilan <i>set load cases to run</i> pada <i>run analysis</i>                                                | 80 |

|             |                                                                                       |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3.13 | Tampilan hasil dari gaya tumpuan pada program<br><i>SAP2000</i>                       | 80  |
| Gambar 3.14 | Tampilan <i>member force diagram for frames</i>                                       | 81  |
| Gambar 3.15 | Tampilan <i>axial force diagram</i>                                                   | 82  |
| Gambar L.1  | Grafik perbandingan <i>defleksi</i> aktual dan <i>defleksi</i> dari<br><i>SAP2000</i> | 105 |

## DAFTAR TABEL

|            |                                                                                                                            |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1  | Contoh Polimer berdasarkan jenis plastik yang digunakan                                                                    | 7   |
| Tabel 2.2  | Nilai Modulus Elastisitas ( $E$ ) dari WPC berdasarkan nilai kandungan HDPE ( <i>Klyosov.A.A</i> )                         | 11  |
| Tabel 2.3  | Tabel $C_a$ ( <i>Haiar</i> )                                                                                               | 12  |
| Tabel 2.4  | Nilai $C_t$ ( <i>Haiar</i> )                                                                                               | 13  |
| Tabel 2.5  | Nilai statistik $t$ (ASTM D 2915)                                                                                          | 13  |
| Tabel 2.6  | Nilai faktor <i>confidence level</i> (ASTM D 2915)                                                                         | 14  |
| Tabel 2.7  | Faktor layah basah untuk desain sambungan mekanis                                                                          | 17  |
| Tabel 2.8  | Ketentuan mengenai jarak ujung                                                                                             | 18  |
| Tabel 2.9  | Ketentuan mengenai spasi                                                                                                   | 19  |
| Tabel 2.10 | Faktor reduksi penampang (SNI 7971 : 2013)                                                                                 | 22  |
| Tabel 2.11 | titik berat, jarak pusat, dan konstanta penampang simetris tunggal (SNI 7971 : 2013)                                       | 23  |
| Tabel 2.12 | Faktor tumpu ( $C$ )                                                                                                       | 36  |
| Tabel 2.13 | Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)                   | 42  |
| Tabel 2.14 | Koefisien angin yang digunakan dalam perhitungan beban angin (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)       | 44  |
| Tabel 3.1  | Nilai $F_{yb}$                                                                                                             | 72  |
| Tabel 3.2  | Nilai $F_e$ (Balma (1999))                                                                                                 | 72  |
| Tabel L1   | Jumlah sekrup yang digunakan pada rangka atap baja ringan                                                                  | 106 |
| Tabel L.2  | Tabel Kapasitas Lentur Dari WPC <i>Type Geodeck</i> Berdasarkan Pengaruh Persentase dari kadar HDPE ( <i>Klyosov.A.A</i> ) | 108 |
| Tabel L.3  | Tabel Kapasitas Tekan dari macam-macam jenis WPC ( <i>Klyosov.A.A</i> )                                                    | 108 |

|           |                                                                            |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel L.4 | Tabel Kapasitas Tarik dari macam-macam jenis WPC<br>( <i>Klyosov.A.A</i> ) | 109 |
| Tabel L.5 | Tabel Konversi Satuan ( <i>Klyosov.A.A</i> )                               | 109 |

## DAFTAR NOTASI

### Baja Ringan

|                  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_g$            | = | Luas kotor penampang                                                                                                                                                                                                                                           |
| $A_n$            | = | Luas neto penampang atau luas neto bagian tersambung                                                                                                                                                                                                           |
| $a$              | = | Jarak antara pengaku-pengaku transversal untuk elemen-elemen pelat badan dengan pengaku                                                                                                                                                                        |
| $B_c$            | = | Konstanta                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $b$              | = | Lebar rata elemen tidak termasuk lengkungan; atau Panjang lubang pelat badan                                                                                                                                                                                   |
| $b_c$            | = | Lebar efektif elemen yang menerima badan tekan merata, baik dengan maupun tanpa pengaku, untuk menentukan kapasitas.                                                                                                                                           |
| $b_{e1}, b_{e2}$ | = | Lebar efektif elemen dengan pengaku dengan tegangan tidak merata                                                                                                                                                                                               |
| $B_p$            | = | Lebar rata terbesar dari <i>subelemen</i>                                                                                                                                                                                                                      |
| $b_1$            | = | Lebar elemen pengaku                                                                                                                                                                                                                                           |
| $b_2$            | = | Lebar elemen tanpa pengaku                                                                                                                                                                                                                                     |
| $C$              | = | Untuk komponen struktur tekan, rasio luas penampang bengkokan total dan untuk komponen struktur lentur, rasio luas penampang bengkokan total dari sayap yang menentukan dan luas penampang total dari sayap yang menentukan; atau Koefisien; atau Faktor tumpu |
| $C_{mx}, C_{my}$ | = | Koefisien untuk momen ujung yang tidak sama                                                                                                                                                                                                                    |
| $C_w$            | = | Koefisien kelangsingan pelat badan                                                                                                                                                                                                                             |
| $d$              | = | Tinggi penampang                                                                                                                                                                                                                                               |
| $d_f$            | = | Diameter nominal baut, sekrup, paku keling                                                                                                                                                                                                                     |
| $d_h$            | = | Diameter lubang                                                                                                                                                                                                                                                |
| $d_l$            | = | Diameter pengaku aktual                                                                                                                                                                                                                                        |
| $d_s$            | = | Lebar efektif tereduksi dari pengaku; atau                                                                                                                                                                                                                     |

|          |   |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |   | Dimensi pengaku efektif                                                                                                                                                                                                                                      |
| $d_{sc}$ | = | Lebar efektif pengaku; atau<br>Diameter pengaku efektif                                                                                                                                                                                                      |
| $d_w$    | = | Tinggi bagian pelat badan yang mengalami tekan                                                                                                                                                                                                               |
| $d_{wc}$ | = | Tinggi pelat badan tanpa lengkungan                                                                                                                                                                                                                          |
| $d_{wh}$ | = | Tinggi lubang pelat badan                                                                                                                                                                                                                                    |
| $d_l$    | = | Tinggi bagian rata pelat badan diukur sepanjang bidang pelat badan                                                                                                                                                                                           |
| $E$      | = | Modulus Elastisitas Baja Ringan ( $200 \times 10^3$ MPa)                                                                                                                                                                                                     |
| $e$      | = | Jarak yang diukur pada garis gaya dari pusat lubang standar ke ujung terdekat dari bagian tersambung                                                                                                                                                         |
| $f_{cr}$ | = | Tegangan tekuk elastis pelat                                                                                                                                                                                                                                 |
| $f_n$    | = | Tegangan kritis                                                                                                                                                                                                                                              |
| $f_{oc}$ | = | Tegangan tekuk lentur, torsi, dan lentur-torsi elastis                                                                                                                                                                                                       |
| $f_{ox}$ | = | Tegangan tekuk elastis pada komponen struktur tekan yang dibebani secara aksial untuk tekuk lentur terhadap sumbu x                                                                                                                                          |
| $f_{oy}$ | = | Tegangan tekuk elastis pada komponen struktur tekan yang dibebani secara aksial untuk tekuk lentur terhadap sumbu y                                                                                                                                          |
| $f_{oz}$ | = | Tegangan tekuk elastis pada komponen struktur tekan yang dibebani secara aksial untuk tekuk torsi                                                                                                                                                            |
| $f_u$    | = | Kekuatan tarik yang digunakan dalam desain                                                                                                                                                                                                                   |
| $f_{u1}$ | = | Kekuatan tarik yang digunakan untuk desain pelat yang tersambung dengan ketebalan $t_1$                                                                                                                                                                      |
| $f_{u2}$ | = | Kekuatan tarik yang digunakan untuk desain pelat yang tersambung dengan ketebalan $t_2$                                                                                                                                                                      |
| $f_y$    | = | Tegangan leleh yang digunakan dalam desain; atau<br>Tegangan leleh dari pelat badan baja; atau<br>Tegangan leleh dari pengaku; atau<br>Tegangan leleh yang digunakan untuk mendesain baja dasar yang mutunya rendah; atau<br>Tegangan leleh tarik atau tekan |

|                          |   |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $f^*$                    | = | Tegangan desain pada elemen tekan yang dihitung berdasarkan lebar desain efektif                                                                                                         |
| $f_{av}^*$               | = | Tegangan desain rata-rata pada lebar sayap utuh, tanpa reduksi                                                                                                                           |
| $f_d^*$                  | = | Tegangan tekan desain pada elemen yang ditinjau, berdasarkan penampang efektif pada saat pembebanan untuk menghitung <i>defleksi</i>                                                     |
| $f_1^*, f_2^*$           | = | Tegangan pada pelat badan yang dihitung berdasarkan penampang efektif                                                                                                                    |
| $G$                      | = | Modulus elastisitas geser ( $80 \times 10^3$ MPa)                                                                                                                                        |
| $I_g$                    | = | Momen inersia bruto                                                                                                                                                                      |
| $I_{min}$                | = | Momen inersia minimum                                                                                                                                                                    |
| $I_x, I_y$               | = | Momen inersia penampang terhadap sumbu utama $x$ dan $y$                                                                                                                                 |
| $I_{x'}$                 | = | Momen inersia penampang terhadap sumbu titik beratnya, tegak lurus terhadap pelat badan                                                                                                  |
| $I_{x'y'}$               | = | Produk inersia sumbu utama mayor dan minor, sejajar dan tegak lurus terhadap pelat badan                                                                                                 |
| $J$                      | = | Konstanta torsi untuk penampang                                                                                                                                                          |
| $k$                      | = | Koefisien tekuk pelat                                                                                                                                                                    |
| $k_d$                    | = | Koefisien tekuk pelat untuk tekuk distorsi                                                                                                                                               |
| $l$                      | = | Panjang aktual komponen struktur tekan; atau<br>Panjang bentang penuh balok bertumpuan sederhana; atau<br>Jarak antara titik balik momen pada balok menerus<br>Panjang komponen struktur |
| $l_c$                    | = | Panjang tak terjepit dari spesimen                                                                                                                                                       |
| $l_{ex}, l_{ey}, l_{ez}$ | = | Tekuk efektif untuk lentur terhadap sumbu $x$ dan $y$ serta torsi                                                                                                                        |
| $M$                      | = | Momen akibat beban nominal pada komponen struktur                                                                                                                                        |
| $M_c$                    | = | Momen kritis                                                                                                                                                                             |
| $M_n$                    | = | Kapasitas lentur nominal                                                                                                                                                                 |
| $M_o$                    | = | Momen tekuk elastis                                                                                                                                                                      |
| $M_x$                    | = | Kapasitas momen penampang nominal                                                                                                                                                        |

|                |   |                                                                                                       |
|----------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $M^*$          | = | Momen lentur desain                                                                                   |
| $M_x^*, M_y^*$ | = | Momen lentur desain terhadap sumbu $x$ dan sumbu $y$                                                  |
| $m$            | = | Konstanta; atau<br>Ketebalan tak berdimensi                                                           |
| $N_c$          | = | Kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan                                |
| $N_f$          | = | Kapasitas tarik nominal penampang dari bagian yang disambung                                          |
| $N_{ft}$       | = | Kapasitas tarik nominal baut                                                                          |
| $N_{oc}$       | = | Nilai terkecil dari beban tekuk kolom elastis dalam tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk lentur-torsi |
| $N_s$          | = | Kapasitas penampang nominal dari komponen struktur tekan                                              |
| $N_t$          | = | Kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik                                        |
| $N^*$          | = | Gaya aksial desain, tarik atau tekan; atau<br>Beban terpusat desain atau reaksi                       |
| $N_f^*$        | = | Gaya tarik desain pada penampang neto dari bagian tersambung                                          |
| $N_{ft}^*$     | = | Gaya tarik desain pada baut                                                                           |
| $N_t^*$        | = | Gaya tarik desain pada penampang neto dari bagian yang disambung menggunakan sekrup atau paku keling  |
| $n$            | = | <i>Eksponen</i>                                                                                       |
| $n_c$          | = | Jumlah pengaku sayap tekan                                                                            |
| $n_t$          | = | Jumlah pengaku sayap tarik                                                                            |
| $q$            | = | Intensitas beban desain pada balok                                                                    |
| $R$            | = | Faktor reduksi                                                                                        |
| $R_d$          | = | Kapasitas desain                                                                                      |
| $R_{min}$      | = | Nilai minimum hasil pengujian                                                                         |
| $R_u$          | = | Kapasitas nominal                                                                                     |
| $R^*$          | = | Beban atau reaksi terpusat desain yang terjadi bila ada momen lentur                                  |

|            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $R_b^*$    | = | Beban atau reaksi terpusat desain                                                                                                                                                                                                                                        |
| $r$        | = | Radius girasi dari penampang utuh, tanpa reduksi                                                                                                                                                                                                                         |
| $r_{cy}$   | = | Radius girasi sebuah kanal terhadap sumbu titik beratnya yang sejajar pelat badan                                                                                                                                                                                        |
| $r_f$      | = | Rasio gaya yang diteruskan oleh baut atau sekrup, atau paku keling pada penampang yang ditinjau terhadap gaya tarik komponen struktur pada penampang tersebut                                                                                                            |
| $r_{oi}$   | = | Radius girasi polar penampang terhadap pusat geser                                                                                                                                                                                                                       |
| $r_x, r_y$ | = | Radius girasi penampang terhadap sumbu $x$ dan $y$                                                                                                                                                                                                                       |
| $S$        | = | Faktor kelangsingan;<br>Lebar sayap dikurangi jarak alat pengencang dari garis tengah pelat badan dibagi dengan lebar sayap untuk penampang kanal; atau                                                                                                                  |
| $S_c$      | = | Modulus penampang elastis penampang efektif yang dihitung saat serat tekan atau tarik terluar mengalami tegangan sebesar $f_y$                                                                                                                                           |
| $S^*$      | = | Gaya dalam desain (aksi desain)                                                                                                                                                                                                                                          |
| $s$        | = | Jarak pengencang dari garis tengah pelat badan dibagi dengan lebar sayap untuk penampang Z                                                                                                                                                                               |
| $s_f$      | = | Jarak baut, sekrup atau paku keling tegak lurus garis gaya; atau<br>Lebar lembaran, pada kasus baut, sekrup, atau paku keling tunggal                                                                                                                                    |
| $s_g$      | = | Jarak vertikal antara dua abris sambungan terdekat ke sayap atas dan bawah                                                                                                                                                                                               |
| $t$        | = | Tebal baja dasar nominal dari elemen atau penampang tidak termasuk bahan pelapis; atau<br>Tebal elemen dengan pengaku yang menerima tekan merata; atau<br>Tebal dasar pelat badan balok; atau<br>Tebal penampang kanal atau z; atau<br>Tebal pelat penutup atau lembaran |

|            |   |                                                                                                        |
|------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |   | Tebal elemen; atau                                                                                     |
|            |   | Tebal lembaran terluar yang tertipis; atau                                                             |
|            |   | Tebal bagian tersambung; atau                                                                          |
|            |   | Tebal bahan yang dilubangi                                                                             |
| $t_f$      | = | Tebal sayap                                                                                            |
| $t_c$      | = | Tebal pelat                                                                                            |
| $t_s$      | = | Tebal pengaku                                                                                          |
| $t_w$      | = | Tebal pelat badan                                                                                      |
| $t_1$      | = | Tebal pelat penyambung dengan kekuatan tarik $f_{u1}$                                                  |
| $t_2$      | = | Tebal pelat penyambung dengan kekuatan tarik $f_{u2}$                                                  |
| $V_b$      | = | Kapasitas tumpu nominal dari bagian tersambung                                                         |
| $V_f$      | = | Kapasitas geser nominal dari bagian tersambung sepanjang dua garis sejajar pada arah gaya yang bekerja |
| $V_{fv}$   | = | Kapasitas geser nominal baut atau sekrup                                                               |
| $V_v$      | = | Kapasitas geser nominal pelat badan                                                                    |
| $V^*$      | = | Gaya geser desain                                                                                      |
| $V_b^*$    | = | Gaya tumpu desain pada sebuah sekrup atau paku keling; atau<br>Gaya tumpu desain pada bagian           |
| $w$        | = | Lebar spesimen                                                                                         |
| $w_f$      | = | Lebar pasokan untuk lembaran gulung atau rata                                                          |
| $x, y$     | = | Sumbu utama penampang                                                                                  |
| $x_o, y_o$ | = | Koordinat pusat geser penampang                                                                        |
| $Z_c$      | = | Modulus penampang efektif yang dihitung pada tegangan $f_c$ pada serat tekan terluar                   |
| $Z_f$      | = | Modulus penampang efektif yang dihitung pada serat tekan atau tarik terluar pada tegangan $f_y$        |
| $Z_n$      | = | Modulus penampang utuh tanpa reduksi pada serat tarik terluar terhadap sumbu yang sesuai               |
| $\alpha$   | = | Koefisien; atau<br>Faktor modifikasi untuk tipe sambungan tumpu                                        |
| $\beta$    | = | Koefisien                                                                                              |

|                                 |   |                                                                                                                                       |
|---------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\beta_x, \beta_y$              | = | Konstanta penampang simetris tunggal terhadap sumbu $x$ dan $y$                                                                       |
| $\gamma$                        | = | Faktor kepentingan                                                                                                                    |
| $\delta$                        | = | Koefisien                                                                                                                             |
| $\theta$                        | = | Sudut antara bidang pelat badan dan bidang permukaan tumpu; atau<br>Sudut antara bidang vertikal dan bidang pelat badan penampang $z$ |
| $\lambda, \lambda_1, \lambda_2$ | = | Rasio kelangsingan                                                                                                                    |
| $\lambda_c$                     | = | Kelangsingan nondimensi untuk menentukan $f_n$                                                                                        |
| $\nu$                           | = | Nisbah <i>Poisson</i>                                                                                                                 |
| $\mu$                           | = | Faktor daktilitas struktur                                                                                                            |
| $\phi$                          | = | Faktor reduksi kapasitas                                                                                                              |
| $\phi_b$                        | = | Faktor reduksi kapasitas untuk lentur                                                                                                 |
| $\phi_c$                        | = | Faktor reduksi kapasitas untuk tekan                                                                                                  |
| $\phi_t$                        | = | Faktor reduksi kapasitas untuk tarik                                                                                                  |
| $\phi_v$                        | = | Faktor reduksi kapasitas untuk geser                                                                                                  |
| $\phi_w$                        | = | Faktor reduksi kapasitas untuk tumpu                                                                                                  |
| $\rho$                          | = | Faktor lebar efektif                                                                                                                  |
| $\omega_f$                      | = | Koefisien                                                                                                                             |
| $\psi$                          | = | Rasio tegangan                                                                                                                        |

### Kayu Plastik

|           |   |                                         |
|-----------|---|-----------------------------------------|
| $A$       | = | Luas penampang                          |
| $A_m$     | = | Luas potongan penampang batang utama    |
| $A_s$     | = | Luas potongan batang sambung            |
| $a$       | = | Jarak dari baut ke tepi arah horizontal |
| $A_{net}$ | = | Luas penampang neto                     |
| $B$       | = | Nilai karekteristik desain              |

|              |   |                                                   |
|--------------|---|---------------------------------------------------|
| $b$          | = | Lebar penampang                                   |
| $C_a$        | = | Faktor penyesuaian properti                       |
| $C_g$        | = | Faktor aksi grup                                  |
| $C_M$        | = | faktor layan basah untuk sambungan mekanis        |
| $C_m$        | = | Faktor kelembaban = 1,0 (Haiar (2000))            |
| $C_t$        | = | Faktor penyesuaian waktu                          |
| $C_v$        | = | Faktor volume = 1,0 (Haiar (2000))                |
| $C_{\Delta}$ | = | Faktor geometri                                   |
| $c$          | = | Jarak dari baut ke tepi arah vertikal             |
| $CoV$        | = | Koefisien variasi                                 |
| $D$          | = | Diameter baut                                     |
| $E$          | = | Modulus elastisitas WPC                           |
| $E_m$        | = | Modulus elastisitas batang utama                  |
| $E_s$        | = | Modulus elastisitas batang sambung                |
| $F$          | = | Gaya yang beraksi                                 |
| $F_a$        | = | Nilai desain ijin                                 |
| $F_{em}$     | = | Kuat tumpu batang utama                           |
| $F_{es}$     | = | Kuat tumpu batang sambung                         |
| $F_{yb}$     | = | Kuat tumpu baut                                   |
| $f$          | = | Kekuatan material                                 |
| $G$          | = | Modulus geser                                     |
| $H$          | = | Tinggi penampang                                  |
| $I$          | = | Momen inersia                                     |
| $K_F$        | = | Faktor koreksi                                    |
| $k$          | = | Faktor <i>confidence level</i>                    |
| $N$          | = | Gaya yang beraksi                                 |
| $n$          | = | Jumlah alat sambung                               |
| $P$          | = | Beban terpusat                                    |
| $q$          | = | Beban merata                                      |
| $r$          | = | Radius                                            |
| $s$          | = | Spasi (dihitung dari as ke as) antar alat sambung |
| $T$          | = | Ketebalan                                         |

|           |   |                                 |
|-----------|---|---------------------------------|
| $t$       | = | Tebal                           |
| $t_m$     | = | Tebal batang utama              |
| $t_s$     | = | Tebal batang sambung            |
| $\nu$     | = | Sudut                           |
| $V$       | = | Gaya geser                      |
| $W$       | = | Modulus penampang               |
| $x$       | = | Nilai hasil pengujian benda uji |
| $Z$       | = | Kapasitas ijin sambungan        |
| $Z'$      | = | Kapasitas ijin sambungan        |
| $\lambda$ | = | Faktor efek waktu               |
| $\gamma$  | = | Modulus beban sambungan         |
| $\phi_z$  | = | Faktor reduksi                  |
| $\theta$  | = | Sudut maksimum pembebanan       |