

PERHITUNGAN RANGKA KUDA-KUDA DENGAN MENGUNAKAN METODE TITIK BUHUL DAN SAP- 2000

**(ANALYSIS AND CALCULATION OF BARS FORCED WOODEN
FRAMEWORK STRUCTURE BY USING METHOD OF JOINT AND SAP 2000)**



DISUSUN OLEH :

**SUDARNO P. TAMPUBOLON, S.T.M.Sc.
IR. AGNES SRI MULYANI, M.SC.**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS

KRISTEN INDONESIA

2021

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu merupakan bahan produk alam. Kayu merupakan bahan bangunan yang banyak disukai orang atas pertimbangan tampilan maupun kekuatan. Aspek kekuatan, kayu cukup kuat dan kaku walaupun bahan kayu tidak sepadat bahan baja dan beton. Kayu mudah dikerjakan disambung dengan alat yang sederhana. Bahan kayu merupakan bahan yang dapat didaur ulang. Karena dari bahan alami, kayu merupakan bahan bangunan ramah lingkungan.

Kayu berasal dari alam sehingga tidak dapat mengontrol kualitas bahan kayu. Sering dijumpai cacat produk kayu gergajian baik yang disebabkan oleh proses tumbuh maupun kesalahan akibat pengolahan dari produk kayu. Dibanding dengan bahan beton dan baja, kayu memiliki kekurangan terkait ketahanan dan keawetan. Kayu dapat membusuk karena jamur dan kandungan air yang berlebihan, lapuk karena serangan hama dan kayu mudah terbakar jika terkena api.

Kayu merupakan bahan yang dapat menyerap air disekitarnya, dan dapat mengembang dan menyusut sesuai kandungan air tersebut. Kerenanya, kadar air kayu merupakan salah satu syarat kualitas produk kayu gergajian. Jika dimaksudkan menerima beban, kayu memiliki karakter kekuatan yang berbeda dari bahan baja maupun beton terkait dengan arah beban dan pengaruh kimiawi. Karena struktur serat kayu memiliki nilai kekuatan yang berbeda saat menerima beban. Kayu memiliki kekuatan lebih besar saat menerima gaya sejajar dengan serat kayu dan lemah saat menerima beban tegak lurus arah serat kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat dirumuskan suatu masalah sebagai berikut:

1. Pengertian kuda-kuda kayu
2. Bagian dari konstruksi kuda-kuda kayu
3. Proses pembuatan kuda-kuda kayu
4. Perhitungan gaya-gaya dalam pada struktur kuda-kuda kayu
5. Perhitungan dimensi batang Tarik dan Batang Tekan
6. Perhitungan Pembebanan pada Kuda-kuda kayu
7. Perhitungan Gaya – Gaya batang menggunakan SAP 2000
8. Perhitungan Gaya – Gaya batang menggunakan Metode Titik Buhul
9. Perhitungan Dimensi Batang Tarik dan Tekan

1.3 Tujuan

Setelah mempelajari makalah ini diharapkan dapat memahami:

1. Diketuinya sifat dan jenis kayu serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Menganalisa gaya-gaya yang terjadi batang tarik, tekan, vertikal, dan diagonal pada rangka kuda-kuda dengan menggunakan SAP 2000 dan Metode titik buhul.
3. Melihat keakuratan analisa dengan menggunakan SAP-2000

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Deskripsi Kayu

Kayu adalah suatu bahan yang dihasilkan dari sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan keinginan dan kemajuan teknologi. Kayu berasal dari tumbuh-tumbuhan hidup di alam yang jenis pohonya mempunyai batang berupa kayu. Kayu merupakan satu dari beberapa bahan konstruksi yang sudah lama dikenal masyarakat, didapatkan dari semacam tanaman yang tumbuh di alam dan dapat diperbaharui secara alami. Faktor-faktor seperti kesederhanaan yang tumbuh dalam pengerjaan, ringan, sesuai dengan lingkungan telah membuat kayu menjadi bahan konstruksi yang dikenal di bidang konstruksi

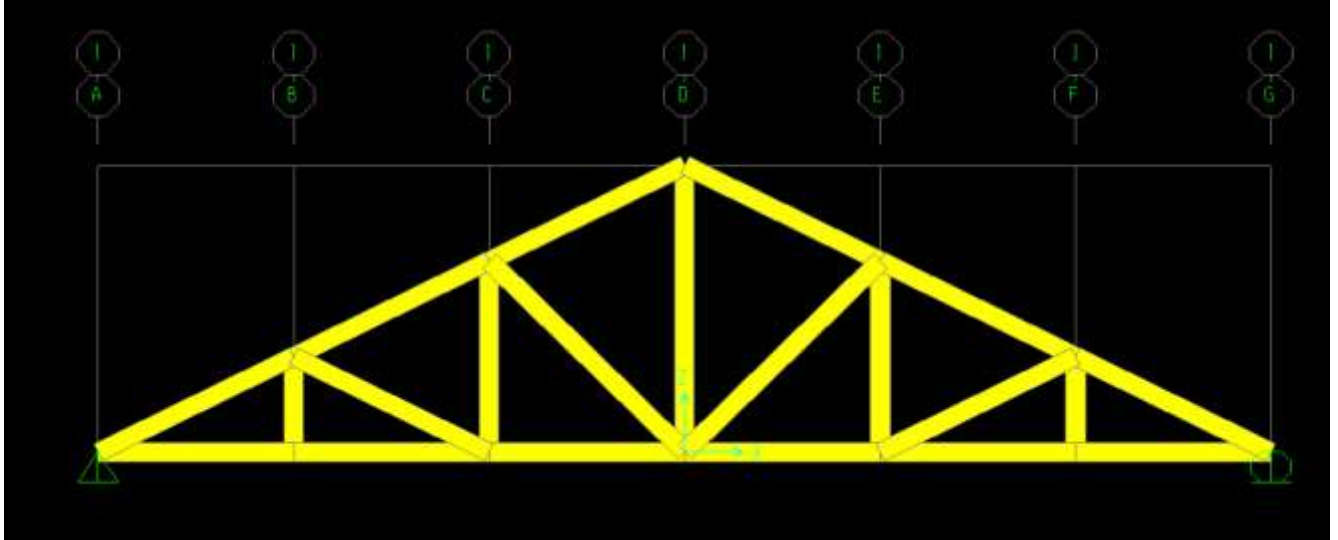
Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi tidak hanya didasari oleh kekuatannya saja, akan tetapi juga didasari oleh segi keindahannya. Secara alami kayu memiliki bermacam-macam warna dan bentuk serat, sehingga untuk bangunan dengan material kayu tidak banyak memerlukan perlakuan tambahan. Pada perkembangan teknik penggunaan kayu struktural perlu diperhatikan sifat-sifat dan jenis-jenis serta faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu, sambungan dan alat-alat penyambung serta keawetan kayu.

Keterbatasan penggunaan kayu selama ini terjadi dikarenakan keterbatasan kayu alam yang lurus dan relative panjang sudah jarang didapatkan, serta kayu dengan tingkat kekuatan yang tinggi sudah semakin berkurang. Oleh karena itu, maka teknologi sambungan dan komposit material sangat penting pada perancangan struktur kayu.

Kayu pada konstruksi bangunan kayu biasa digunakan untuk kuda-kuda kayu. Kuda-kuda kayu adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap. Kuda-kuda termasuk penyangga utama pada struktur atap, sekaligus memberi bentuk pada konstruksi atap.

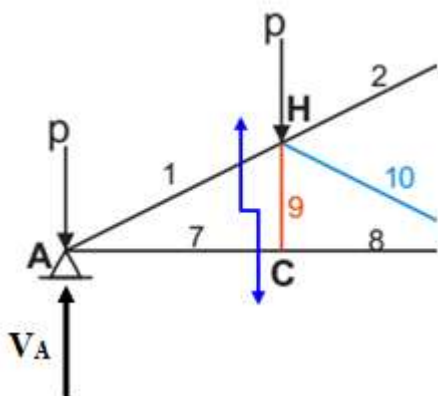
2.2 SAP-200

SAP (Structure Analysis Program) 2000 merupakan metode yang digunakan untuk analisa gaya-gaya dalam pada rangka atap/ kuda-kuda. Gaya-gaya dalam yang dihitung dengan menggunakan SAP 2000 adalah gaya batang tarik, gaya batang tekan, gaya batang diagonal, dan gaya batang vertikal.



2.3 Metode Titik Buhul

Metode analisa titik buhul/ titik simpul diperoleh dari $\sum H = 0$ (secara horizontal); $\sum V = 0$ (secara vertikal); $\sum M = 0$ (Momen), diabaikan. Untuk itu dalam analisa dan metode perhitungan ini ada 2 persamaan dimana nilai dari setiap titik simpul yang akan dicari gaya batangnya harus hanya 2 (atau 1) batang yang belum diketahui gaya batangnya baru dapat diselesaikan dengan menggunakan metode ritter



$$\sum Ky = 0$$

$$RA - p - S_1 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\sum Kx = 0$$

$$S_7 - S_1 \cos \alpha = 0$$

BAB 3

ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengertian Kuda-kuda kayu

Kuda-kuda kayu adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk beratnya sendiri. Kuda-kuda kayu juga dapat memberikan bentuk pada atap suatu bangunan. Kuda-kuda kayu termasuk penyangga utama pada struktur atap. Struktur ini termasuk dalam klasifikasi struktur frame work atau secara umumnya kuda-kuda ini terbuat dari kayu. Kuda-kuda kayu memiliki bentuk segitiga.

Pada dasarnya konstruksi kuda - kuda terdiri dari rangkaian batang yang selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka konstruksi kuda - kuda satu sama lain akan berbeda, tetapi setiap susunan rangka batang harus merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan.

Kuda-kuda diletakkan diatas dua struktur beton/baja selaku tumpuannya. Perlu diperhatikan bahwa tembok diusahakan tidak menerima gaya horisontal maupun momen, karena tembok hanya mampu menerima beban vertikal saja (dalam perhitungan struktur tembok tidak diperhitungkan sebagai penerima beban tapi hanya sebagai beban)

Beban-beban yang dihitung adalah :

1. **Beban Mati** (yaitu berat penutup atap, reng, usuk, gording, kuda - kuda, plafon termasuk instalasi listrik, air bersih/air kotor dan instalasi lain yang berada diatas plafon dengan posisi menggantung)
2. **Beban Hidup** (angin, air hujan, orang pada saat memasang/ memperbaiki atap).

3.2 Bagian-bagian Konstruksi Kuda-kuda Kayu

Kuda-kuda kayu terdiri dari beberapa bagian yaitu:

3.2.1 Balok Tarik

Balok tarik adalah bagian dari kuda-kuda kayu yang terletak di bawah sendiri dengan membentang dan menggunakan balok kayu berukuran 8/12.

3.2.2 Balok Kunci

Balok kunci adalah bagian dari kuda-kuda kayu yang berfungsi sebagai pengunci balok tarik seandainya balok tarik menggunakan sambungan kait miring.

3.2.3 Tiang kuda-kuda

Tiang kuda-kuda adalah bagian dari kuda-kuda kayu yang terletak vertikal di bagian tengah dan disambung dengan lubang pen di area balok kunci.

3.2.4 Kaki kuda-kuda

Kaki kuda-kuda adalah bagian kuda-kuda kayu yang dipasang miring membentuk segitiga dengan kemiringan 30-35 derajat dihitung dari balok tarik.

3.2.5 Balok Skor

Balok skor adalah bagian dari kuda-kuda kayu yang dipasang pada tiang kuda-kuda di bagian bawah dengan jarak kurang lebih 20 cm dari balok kunci. Balok skor dipasang dengan menggunakan lubang pen, miring ke atas berhubungan dengan kaki kuda-kuda.

3.2.6 Balok Apit

Balok apit adalah bagian dari konstruksi kuda-kuda kayu yang dipasang untuk mengapit balok skor, tiang kuda-kuda dan kaki kuda-kuda agar lebih kuat.

3.2.7 Kasau

Kasau adalah bagian dari konstruksi kuda-kuda kayu yang terletak paling pinggir. Kasau menggunakan balok kayu ukuran 5/7.

3.2.8 Murplat

Murplat adalah bagian dari konstruksi kuda-kuda kayu dengan menggunakan balok kayu ukuran 8/12.

3.2.9 Jengger

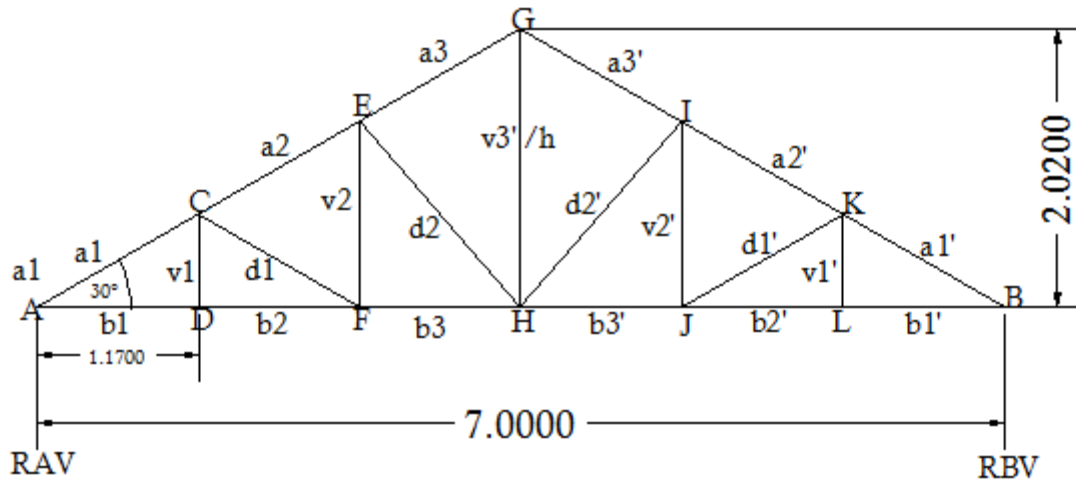
Jengger adalah bagian dari konstruksi kuda-kuda yang terletak paling atas dengan ukuran 2/20.

3.3 Proses Pembuatan Kuda-kuda / Perhitungan Pembebanan Pada Kuda - kuda

Sebelum memulai pekerjaan pembuatan kuda-kuda kayu harus diketahui tentang konstruksi kuda-kuda. Pada pembuatan konstruksi kuda-kuda kayu, hubungan kaki kuda-kuda dengan balok tarik, atau kaki kuda-kuda dengan tiang gantung menggunakan sambungan lubang pen yang dilengkapi dengan gigi. Ukuran pen dan lubang ditentukan $\frac{1}{3}$ tebal balok kayu, sedangkan dalamnya gigi $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{8}$ lebar kayu. Pada bagian tiang gantung dimaskuan ke dalam takikan yang terdapat pada balok kunci sedalam $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{8}$ dari tebal kayu. Tebal takikan yang terdapat pada balok kunci adalah setebal tiang gantung tersebut dan dibuat lubang terbuka sesuai dengan dalamnya takikan. Sisi dari tiang gantung dimiringkan ke kiri dan ke kanan sesuai dengan kemiringan atapnya. Memasang sambungan kaki kuda-kuda dengan tiang gantung menggunakan lubang pen.

Kemiringan sudut 30-35 derajat. Memasang kaki kuda-kuda dengan balok tarik serta dilanjut dengan skor. Bagian terakhir memasang balok apit yang mengapit balok gantung, skor dan kaki kuda-kuda kemudian diperkuat dengan plat strip ukuran 4/40mm yang dibaut.

Gambar Detail Kuda – Kuda:



Data-Data Sebagai Berikut :

- Panjang bentang kuda – kuda (L) = 7 m
- Jarak antara kuda – kuda (B) = 3 m
- Kemiringan kuda – kuda (α) = 30°
- Penutup Atap (genteng) = 50 kg/m^2 (PPIUG,hal 12)
- Plafon (Asbes) = 18 kg/m^2
- Beban Angin = 25 kg/m^2 (PPIUG , hal 22)
- Jumlah Batang Tekan Atas (n) = 6
- Sambungan menggunakan = Baut
- Kayu yang digunakan (BJ) = 650 kg/m
- Batang-batang rangka menggunakan = Papan/Balok
- Gording = $7/14 \text{ cm}$

3.2.10 Perhitungan Batang

1. Untuk menghitung ketinggian (h) kuda-kuda

$$\begin{aligned}h &= \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha \\ &= \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot \tan \alpha \ 30^\circ \\ &= 2.0200 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Perhitungan batang Tekan

$$\begin{aligned}a &= \sqrt{b^2 + h^2} \\ &= \sqrt{3.5000^2 + 2.0200^2} \\ &= 4.0498 \text{ m}\end{aligned}$$

maka a_1/a_1' , a_2/a_2' dan a_3/a_3' bisa didapat:
= 4.0498 m : 3 batang
= 1.3499 m

A. Perhitungan Batang Tarik

Panjang bentang kuda – kuda (L) = 7 m
= 7 m : 6 batang
= 1.1700 m ($b_1=b_2=b_3=b_1'=b_2'=b_3'$)

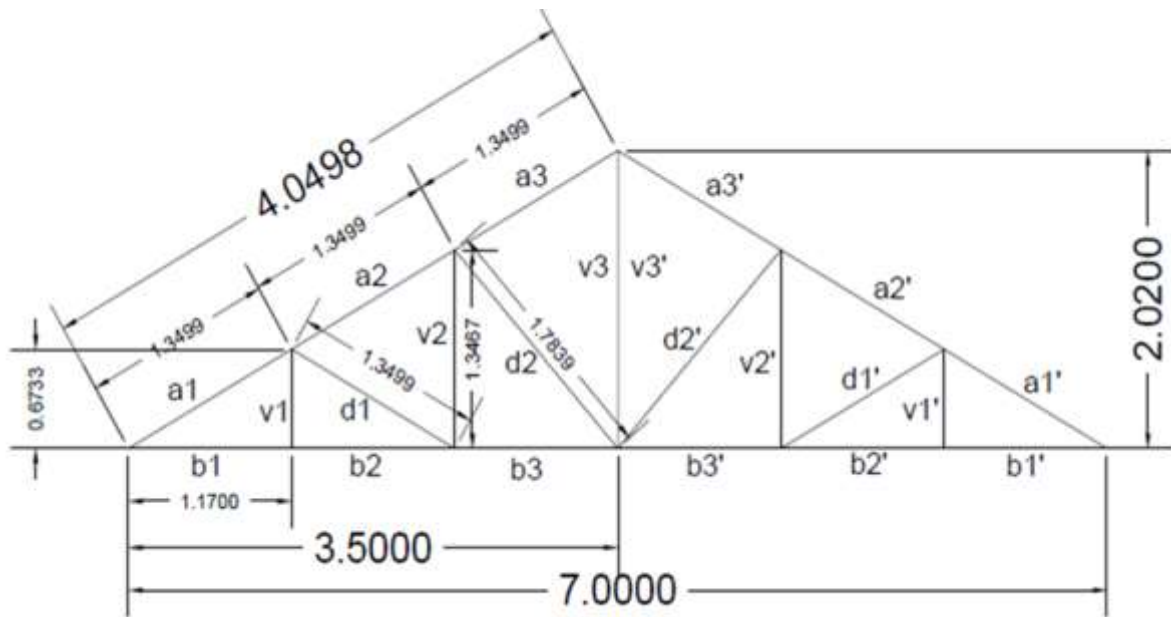
B. Perhitungan Batang Vertikal

- $V_3 / h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha$
 $= \frac{1}{2} \cdot 7 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ$
 $= 2.0200 \text{ m}$
- $V_2 \text{ dan } V_2' = \sqrt{AE^2 - AF^2}$
 $= \sqrt{2.68^2 - 2.34^2}$
 $= 1.3467 \text{ m}$
- $V_1 \text{ dan } V_1' = \sqrt{AC^2 - AD^2}$
 $= \sqrt{1.3499^2 - 1.1700^2}$
 $= 0.6733 \text{ m}$

1. Perhitungan Batang Diagonal

$$\begin{aligned}d_1 \text{ dan } d_1' &= \sqrt{DF^2 + V_1^2} \\ &= \sqrt{1.1700^2 + 0.6733^2} \\ &= 1.3499 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_2 \text{ dan } d_2' &= \sqrt{FH^2 + V_2^2} \\ &= \sqrt{1.1700^2 + 1.3467^2} \\ &= 1.7839 \text{ m}\end{aligned}$$



3.2.11 Tabel Batang Tarik / Tekan/ Diagonal / Vertikal

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk panjang batang tarik, tekan, diagonal, dan batang vertikal maka dapat disimpulkan seperti tabel di bawah ini :

Tabel 1. Panjang batang tarik, tekan, diagonal, dan vertikal

No	Nama Batang	Ukuran Batang (m)	Batang Tekan	Batang Tarik	Batang Diagonal	Batang Vertikal
1	a1	1.3499	✓	–	–	–
2	a2	1.3499	✓	–	–	–
3	a3	1.3499	✓	–	–	–
4	a1'	1.3499	✓	–	–	–
5	a2'	1.3499	✓	–	–	–
6	a3'	1.3499	✓	–	–	–
7	b1	1.1700	–	✓	–	–
8	b2	1.1700	–	✓	–	–
9	b3	1.1700	–	✓	–	–
10	b1'	1.1700	–	✓	–	–
11	b2'	1.1700	–	✓	–	–
12	b3'	1.1700	–	✓	–	–
13	v1	0.6733	–	✓	–	✓
14	v2	1.3467	–	✓	–	✓
16	v1'	0.6733	–	✓	–	✓
17	v2'	1.3467	–	✓	–	✓
18	v3'/h	2.0200	–	✓	–	✓
19	d1	1.3499	✓	–	✓	–
20	d2	1.7839	✓	–	✓	–

21	d1'	1.3499	✓	—	✓	—
22	d2'	1.7839	✓	—	✓	—

3.2.12 Desain Pembebanan Kuda –Kuda

1. Pembebanan kuda-kuda / Berat sendiri kuda-kuda

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(b.bawah+b.atas+b.diagonal+b.vertikal).BJ .Dimensi Gording}{n (jumlah batang tekan)} \\
 &= \frac{(7.0000+ 8.0994 + 6.2676 + 8.08). 650 \text{ kg/m} . 7 .14 . 10^4}{6} \\
 &= 31,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Berat Sendiri Gording

$$\begin{aligned}
 &= \text{Dimensi Gording} \times \text{BJ} \times \text{B} \\
 &= \frac{7.14 \text{ cm}}{10000} \times 650 \text{ kg/m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 19,11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Berat Sendiri Atap

$$\begin{aligned}
 &= \text{B} \times \text{a} \times \text{berat atap} \\
 &= 3 \text{ m} \times 1.3499 \text{ m} \times 50 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 202,485 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Beban Hidup / Beban Orang

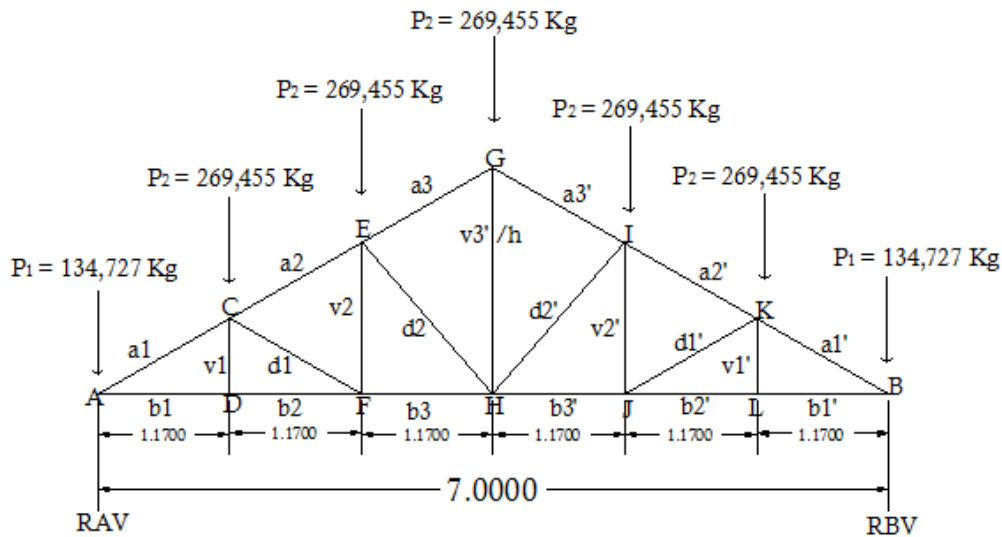
$$\begin{aligned}
 &= \frac{100 \text{ kg}}{n} \\
 &= \frac{100}{6} \\
 &= 16,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{BERAT TOTAL} = 1 + 2 + 3 + 4$$

$$= 31,26 + 19,11 + 202,485 + 16,6$$

$$= \mathbf{269,455 \text{ Kg}}$$

3.2.13 Perhitungan Reaksi Perletakan



$$\sum MB = 0$$

$$(RA \times 7 \text{ m}) - (P/2 \times 7\text{m}) - (P_2 \times 5,85 \text{ m}) - (P_3 \times 4,68 \text{ m}) - (P_4 \times 3,51 \text{ m}) - (P_5 \times 2,3 \text{ m}) - (P_6 \times 1,17\text{m}) - (P/2 \times 0\text{m}) = 0$$

$$RAV = (134,727 \times 7) + (269,455 \times 5,85) + (269,455 \times 4,68) + (269,455 \times 3,51) + (269,455 \times 2,34) + (269,455 \times 1,17) + (134,727 \times 0)$$

$$RAV = 943,0925 + 1576,31175 + 1247,57666 + 945,78705 + 630,5247 + 315,26235 + 0$$

$$RAV = \frac{5658,555}{7}$$

$$RAV = 808,365 \text{ Kg}$$

$$RAV = RBV = 808,365 \text{ Kg}$$

KONTROL :

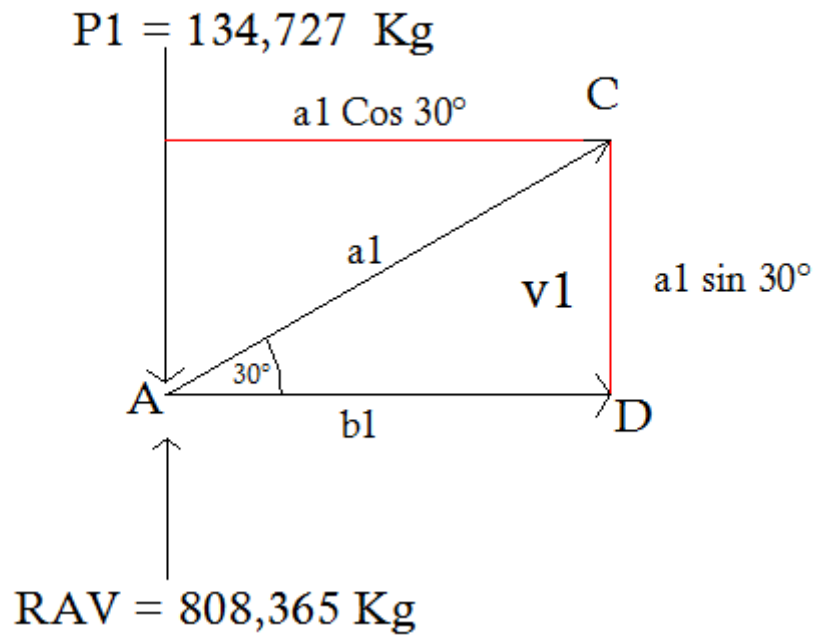
$$RAV + RBV = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$$

$$808,365 + 808,365 = 134,727 + 269,455 + 269,455 + 269,455 + 269,455 + 269,455 + 134,727$$

$$1616,73 \text{ Kg} = 1616,73 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.4. Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode Ritter

1. TITIK BUHUL A



$$\sum V = 0$$

$$-P_1 + RAV + a_1 \sin 30^\circ$$

$$a_1 = \frac{P_1 - RAV}{\sin 30^\circ}$$

$$a_1 = \frac{134,724 - 808,365}{0,5}$$

$$a_1 = -1347,582 \text{ kg (batang tekan)}$$

$$\sum H = 0$$

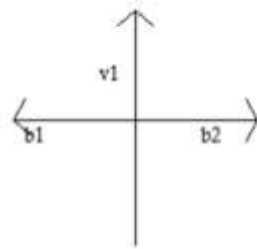
$$b_1 + a_1 \cos 30^\circ = 0$$

$$b_1 = -(-a_1 \cos 30^\circ)$$

$$= -(-1347,582 \times 0,8660254038)$$

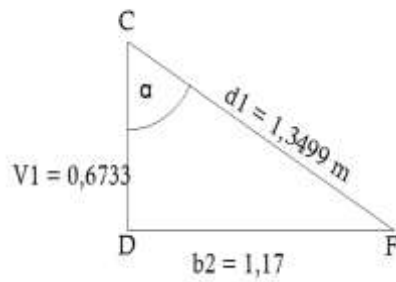
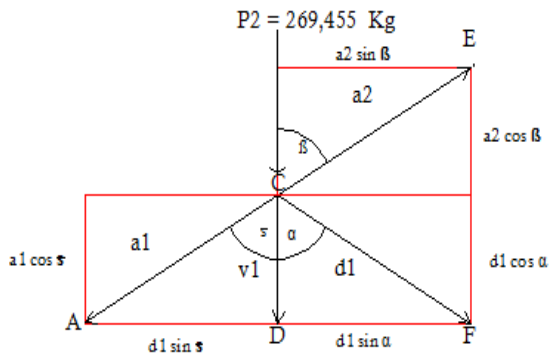
$$b_1 = +1167,140245 \text{ kg (batang tarik)}$$

2. TITIK BUHUL D



$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ V_1 &= 0 \\ \sum H &= 0 \\ -b_1 + b_2 &= 0 \\ \mathbf{b_2} &= + 1167,14 \text{ kg (Batang tarik)} \end{aligned}$$

3. TITIK BUHUL C



$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{b_2}{d_1} \\ &= \frac{1,1700}{1,3499} \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,86673086895$$

$$\alpha = 0,86673086895^\circ ; \beta = 60,0809394^\circ$$

$$\sum V = 0$$

$$-P_2 -V_1 + a_2 \cos \beta - d_1 \cos \alpha - a_1 \cos \delta = 0$$

$$- 269,455 - 0 + a_2 \cos 60,080 - d_1 \cos 60,080 - (- 1347,282) \cos 60,080 = 0$$

$$\mathbf{a_2 \cdot 0,49877610288 - d_1 \cdot 0,498 = - 402,53207767934 \dots \dots \dots (1)}$$

$$\sum H = 0$$

$$\mathbf{a_2 \sin \beta + d_1 \cdot \sin \alpha - a_1 \sin \delta = 0}$$

$$a_2 \sin 60,080 + d_1 \cdot \sin 60,080 + (-1347,282) \sin 60,080 = 0$$

$$a_2 \cdot 0,86673086895 + d_1 \cdot 0,866 = -1167,72231272 \dots \dots \dots (2)$$

Eliminasi Persamaan 1 dan 2

$a_2 \cdot 0,49877610288 - d_1 \cdot 0,498$	$= -402,53207767934$	$\times 0,866$	
$a_2 \cdot 0,86673086895 + d_1 \cdot 0,866$	$= -1167,72231272$	$\times 0,498$	

$$a_2 \cdot 0,43230464506 - d_1 \cdot 0,432 = -348,88697746726$$

$$a_2 \cdot 0,43230464500 - d_1 \cdot 0,432 = -582,2619843845$$

$$a_2 \cdot 0,86460929012 = -932,14896185176$$

$$a_2 = \frac{-932,14896185176}{0,86460929012}$$

$$a_2 = -1078,11582931567 \text{ (Batang Tekan)}$$

Substitusikan d_1 ke Persamaan 1

$$a_2 \cdot 0,498 - d_1 \cdot 0,498 = -402,53207767934$$

$$(-1078,11582931567) \times 0,498 - d_1 \cdot 0,498 = -402,53207767934$$

$$-536,9916829992 - d_1 \cdot 0,498 = -402,53207767934$$

$$d_1 \cdot 0,498 = -402,53207767934 + 536,9916829992$$

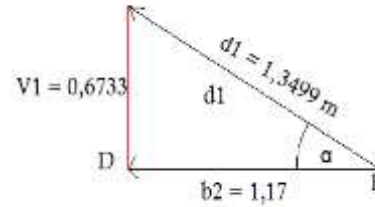
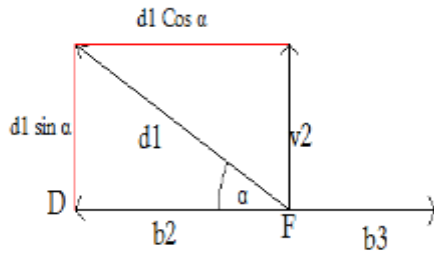
$$d_1 \cdot 0,498 = -134,45960531986$$

$$d_1 = \frac{-134,45960531986}{0,49877610288}$$

$$d_1 = -269,57908477065$$

(Batang Tarik)

4. TITIK BUHUL F



$$\sin \alpha = \frac{V1}{d1} = \frac{0,6733}{1,3499} = 0,50$$

$$\sin \alpha = \beta = 29,9191653336$$

$$\cos \alpha = 0,8667299572$$

$$\sum V = 0$$

$$- d1 \cdot \cos \alpha - b2 + b3 = 0$$

$$- (-269,57908477065) \cdot 0,866 + 1167,14 + b3 = 0$$

$$b3 = +933,7963 \quad (\text{Batang tarik})$$

$$\sum H = 0$$

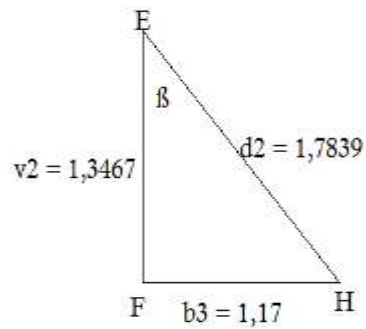
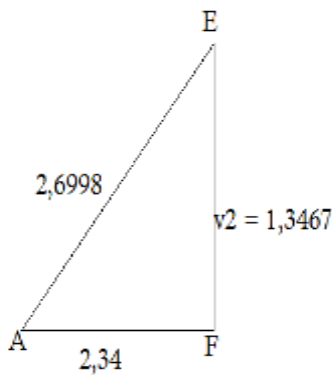
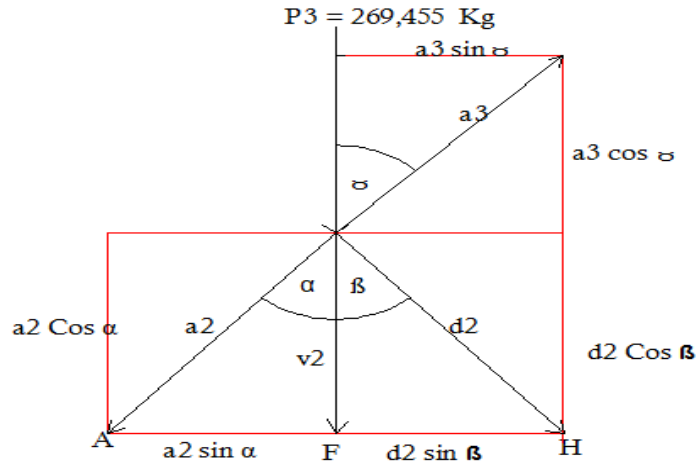
$$V2 + d1 \sin \alpha = 0$$

$$V2 = d1 \sin 30^\circ$$

$$V2 = (269,579) \sin 30$$

$$V2 = 134,789542 \quad (\text{Batang Tarik})$$

1. TITIK BUHUL E



$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{b_3}{d_2} = \frac{1,17}{1,7839} = 0,65586636022 \\ \beta &= 40,98537466175^\circ \\ \sin \alpha &= \frac{2,34}{2,6998} = 0,86673086895 \\ \alpha &= 60,08093940122 \\ \cos \gamma &= 0,49877610288 \end{aligned}$$

$$\sum V = 0$$

$$-P_3 - V_2 - a_2 \cos \alpha - d_2 \cos \beta + a_3 \cos \gamma = 0$$

$$-269,579 - (+134,78) - (-1078,11582931567) \cos 60,0809394 - d_2 \cos 40,98^\circ + a_3 \cos 0,49877610288 = 0$$

$$-0,75487702146 d_2 + 0,49877610288 a_3 = -133,65724238724 \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum H = 0$$

$$-a_2 \sin \alpha + d_2 \sin \beta + a_3 \sin \gamma = 0$$

$$-(-1078,11582931567) \sin 60,0809394 + d_2 \sin 40,98^\circ + a_3 \sin 60,0809394 = 0$$

$$d_2 \cdot 0,65586636022 + 0,86673086895 a_3 = -934,59797864497 \dots \dots \dots (2)$$

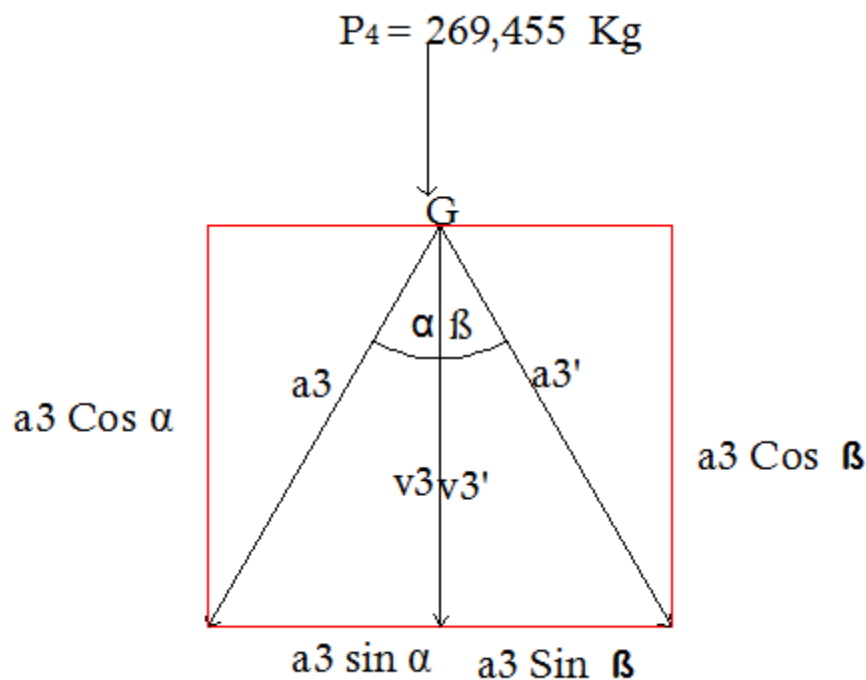
Eliminasi persamaan 1 dan 2

$-0,7548 d2 + 0,498 a3$	$= -133,65724238724$	$\times 0,6558$
$0,6558 d2 + 0,866 a3$	$= -934,59797864497$	$\times 0,7548$
$-0,49 d2 + 0,32713046716 a3$	$= -87,85241955755$	
$0,49 d2 + 0,65 a3$	$= -705,6345542812$	$+$
$0,98140568872 a3$	$= -793,48697383875$	
$a3$	$= -808,52086243117$	(Batang Tekan)

Substitusi ke Persamaan 1

$-0,7548 d2 + 0,498 a3$	$= -133,65724238724$
$-0,7548 d2 + (-808,52086243117) \cdot 0,498$	$= -133,65724238724$
$-0,7548 d2$	$= -133,65724238724 + 402,64338949072$
$-0,7548 d2$	$= 268,98614710348$
$d2$	$= -356,36744449322$ (Batang Tekan)

2. TITIK BUHUL G



$$\sin \alpha = \frac{2,34}{2,6998} = 0,86673086895$$

$$\sin \beta = 60,08093940122$$

$$\cos = 0,49877610288$$

$$\Sigma V = 0$$

$$-P_4 - V_3 \cdot \cos \beta - a_3' \cos \alpha = 0$$

$$-269,455 - V_3 - a_3' \cos 60,080 - (-808,52086243117) \cos 60,080 = 0$$

$$-V_3 - a_3' \cdot 0,49877610288 = -135,61588486462 \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum H = 0$$

$$a_3' \sin \beta - a_3 \sin \alpha = 0$$

$$a_3' \cdot 0,86673086895 - (-808,52086243117) \cdot 0,86673086895 = 0$$

$$a_3' \cdot 0,86673086895 = -700,76998965917$$

$$a_3' = -808,52086243117 \text{ (Batang Tekan)}$$

Substitusi

$$-V_3 - a_3' \cdot 0,49877610288 = -135,61588486462$$

$$-V_3 - (-808,52086243117) \cdot 0,49877610288 = -135,61588486462$$

$$V_3 = 403,2708848606 + (135,61588486462)$$

$$V_3 = 538,88676972522 \text{ (Batang Tarik)}$$

Dari hasil analisa dengan menggunakan SAP-2000 dan Metode titik buhul maka dapat disimpulkan hasil perhitungan seperti tabel di bawah ini:

Tabel 2. Analisa perhitungan batang tekan dengan metode SAP-2000 dan titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 (kg)	Metode Ritter	Selisih
1	a1	- 1347,64	- 1347, 582	0,05
2	a2	- 1078,11	- 1078,11	0
3	a3	- 808,58	- 808,52	0,06
4	a3'	- 808,58	- 808,52	0,06
5	a2'	- 1078,11	- 1078,11	0
6	a1'	- 1347,64	- 1347, 582	0,05

Tabel 3. Analisa perhitungan batang tarik dengan metode SAP-2000 dan titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 (kg)	Metode Ritter (kg)	Selisih
1	b1	+1167,19	+ 1167,14	0,05
2	b2	+1167,19	+ 1167,14	0,05
3	b3	+933,75	+ 933,79	0,04
4	b3'	+933,75	+ 933,79	0,04
5	b2'	+1167,19	+ 1167,14	0,05
6	b1'	+1167,19	+ 1167,14	0,05

Tabel 4. Analisa perhitungan batang diagonal dengan metode SAP-2000 dan titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 (kg)	Metode Ritte (kg)	Selisih
1	d1	- 269,53	- 269,57	0,04
2	d2	- 356,51	- 356,36	0,15

3	d2'	- 356,51	- 356,36	0,15
4	d1'	- 269,53	- 269,57	0,04

Tabel 5. Analisa perhitungan batang tekan dengan metode SAP-2000 dan titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 (kg)	Metode Ritter(kg)	Selisih
1	V1	0	0	0
2	V2	+134,73	+ 134,78	0,05
3	V3 / h	+538,91	+ 538,886	0,02
4	V3'/h	+538,91	+ 538,886	0,02
5	V2'	+134,73	+ 134,78	0,05
6	V1'	0	0	0

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Program *Structural Analysis Program* (SAP-2000) dapat memprediksi semua nilai gaya-gaya batang pada kuda-kuda. Hal ini dapat dilihat dari hasil *Structural Analysis Program* (SAP-2000) dan metode titik buhul semua nilai gaya batang relatif sama.
2. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan perbandingan nilai maksimum dan minimum untuk masing-masing gaya batang dengan menggunakan metode titik buhul dan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) adalah 0,15 dan 0.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Oktarina and A. Darmawan, “ANALISA PERBANDINGAN RANGKA ATAP BAJA RINGAN DAN RANGKA ATAP KAYU DARI SEGI ANALISIS STRUKTUR DAN ANGGARAN BIAYA,” 2015.
- [2] M. Barbari, A. Cavalli, L. Fiorineschi, M. Monti, and M. Togni, “Innovative connection in wooden trusses,” *Constr. Build. Mater.*, 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.06.022.
- [3] M. Rivera-Tenorio and R. Moya, “Stress, displacement joints of gmelina arborea and tectona grandis wood with metal plates, screws and nails for use in timber truss connections,” *Cerne*, 2019, doi: 10.1590/01047760201925022641.
- [4] M. A. Dar, N. Subramanian, A. R. Dar, and J. Raju, “Rehabilitation of a distressed steel roof truss -A study,” *Struct. Eng. Mech.*, 2017, doi: 10.12989/sem.2017.62.5.567.
- [5] SNI 7973-2013, “Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu,” *Badan Stand. Nas.*, 2013.
- [6] BSN, *Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. 2013.
- [7] Y. Pranoto and S. Jepriani, “Structure Analysis of Cold-Formed Steel Roof Truss Post Office Branches Loa Janan,” 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1625/1/012028.
- [8] R. Moya and C. Tenorio, “Strength and displacement under tension and compression of wood joints fastened with nails and Screws for use in trusses in Costa Rica,” *Wood Res.*, 2017.
- [9] Felix, Y., 2001, *Konstruksi kayu*, www.Google.co.id, Diakses pada tanggal 21 April 2015.
- [10] http://www.csiberkeley.com/SAP2000_news/v14/.
- [11] Frick Heinz, “Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu”, 1999.
- [12] Darmawan Rizqi, “Perbandingan Volume Rangka Kayu Pada Pembuatan Rangka Atap Kuda-Kuda Bentang 8 (Delapan) Meter Berdasarkan Sni 7973-2013”, 2018.