

## **Perbandingan Hasil Analisa Perhitungan Rangka Kuda-Kuda Kayu Dengan Menggunakan SAP-2000 dan Metode Titik Buhul**

**Sudarno P Tampubolon**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta*

email: [sudarno.tampubolon@uki.ac.id](mailto:sudarno.tampubolon@uki.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian ini merupakan penelitian yang membahas perbandingan hasil analisa perhitungan gaya-gaya batang pada rangka atap kuda-kuda kayu dengan menggunakan Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) dan metode titik buhul. Nilai setiap gaya batang vertikal, batang horisontal, batang tarik, dan batang tekan pada setiap titik buhul kuda-kuda akan dihitung pada tiga buah kuda-kuda dengan bentang 7m, 9m, dan 11 m. Perbandingan hasil perhitungan nilai gaya batang dari ke-dua metode akan di bandingkan untuk melihat efisiensi analisa perhitungan dari kedua metode tersebut. Dari hasil analisa perhitungan titik buhul dan Analisa Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) di dalam menghitung dan menganalisa nilai dari setiap gaya batang vertikal, batang horisontal, batang tarik, dan batang tekan diperoleh silisih dari setiap gaya batang berada pada (0-0,51) kg. Hal ini memperlihatkan bahwa analisa perhitungan dengan menggunakan Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) lebih cepat dan efisien di dalam menghitung setiap nilai gaya-gaya batang.

**Kata Kunci : Rangka atap kuda-kuda, SAP-2000, metode titik buhul, efisiensi.**

### **Abstract**

*This research is a study that discusses the comparison of the results of the analysis of the calculation of the forces on the wooden framework using the Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) and method of joint. The value of each force of vertical bars, horizontal bars, tensile bars, and compression members at each point of the wooden framework will be calculated on three wooden framework spans with spans of 7m, 9m, and 11m. Comparison of the results of the calculation of the value of the rod force from the two methods will be compared to see the efficiency of the calculation analysis of the two methods. From the results of the calculation of the method of joint and the Analysis of Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) in calculating and analyzing the value of each vertical bar force, horizontal bar, tension member, and compression member, the difference between each rod force is at (0-0.51) kg. This shows that the calculation analysis using the Structure Analysis Program-2000 (SAP-2000) is faster and more efficient in calculating each bar force.*

**Keywords: Easel roof truss, SAP-2000, method of joint, efficiency.**

### **PENDAHULUAN**

Konstruksi rangka atap/ kuda- kuda ialah konstruksi bangunan yang berperan guna menyangga atap yang terletak di atasnya. Tidak hanya itu rangka atap/ kuda- kuda mempunyai peranan yang lebih khusus antara lain merupakan

buat menerima berat sendiri, yakni beban kuda-kuda serta bahan pelapis (atap/ genteng). Pada biasanya rangka atap yang digunakan di Indonesia merupakan rangka atap dengan konstruksi kayu (kuda- kuda kayu). Akan tetapi bersamaan dengan pertumbuhan dunia industri serta teknologi disaat ini banyak penyedia

konstruksi atap sediakan rangka kuda-kuda berbahan baja ringan, (Oktarina & Darmawan, 2015). Kedua material ini bisa kita amati, kalau pemakaian konstruksi atap kayu (kuda-kuda kayu) ataupun rangka kuda-kuda baja ringan mempunyai kelebihan serta kekurangan masing-masing di dalam menahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur tersebut. Dimana dikenal kalau baja sangat baik dalam menahan gaya tarik serta lemah terhadap batang tekan, sebaliknya kayu kokoh terhadap tekan serta lemah terhadap batang tarik.

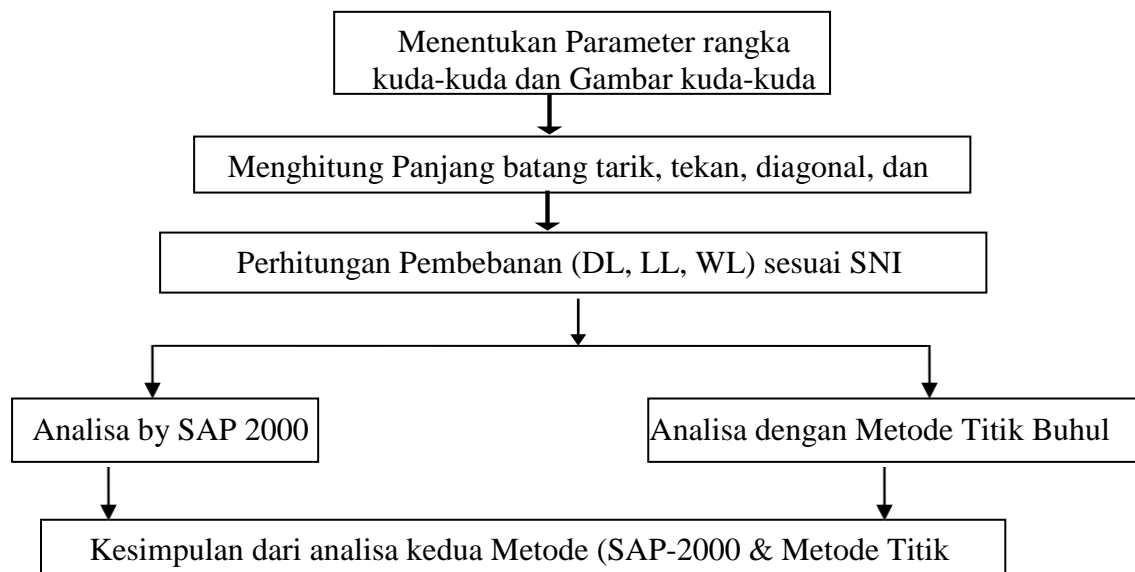
Dalam pengerjaan struktur rangka atap yang memanfaatkan material kayu memerlukan waktu yang lebih lama dibanding dengan rangka kuda-kuda yang memakai material baja ringan. Perihal ini diakibatkan karna material kayu ialah bahan yang diperoleh dari alam yang terlebih dulu mesti diolah sebagai balok/ papan kayu sehingga bisa digunakan guna membuat rangka kuda-kuda (rangka atap). Di dalam perencanaan rangka atap/kuda-kuda kayu dibangun segitiga yang terdiri dari batang tekan, batang tarik, batang vertikal, serta batang horisontal. Rangka kuda-kuda yang dibangun hendak diletakkan pada beton ringbalok dengan sudut yang berbeda antara lain sudut 26°, 30°, serta 45° dengan peran sebagai penopang beban atap bangunan, tumpuan balok gording, rangka atap kasau, reng serta atap genteng.

Biasanya kayu yang ada di pasaran mempunyai panjang 4 meter sehingga guna membuat struktur rangka kuda-kuda dengan bentang lebih dari 4 meter haruslah dengan memakai sambungan dengan kayu lain dengan dimensi/ ukuran yang sama. Buat itu sangatlah di

butuhkan perhitungan gaya-gaya dalam yang terjalin pada rangka atap/ kuda-kuda. Nilai daripada tiap batang tekan, tarik, diagonal serta vertikal hendak digunakan nantinya didalam pendimensian rangka kuda-kuda, untuk itu perhitungan/ analisa yang baik serta benar sangatlah di butuhkan di dalam perencanaan serta pendimensian rangka atap/ kuda-kuda. Biasanya ukuran/ dimensi kayu yang tersebar buat balok serta gording ialah 5/ 10, 6/ 12, 8/ 12, serta 7/ 14 serta kasau memakai ukuran/ dimensi 4/ 6, 5/ 5, serta 5/ 7, serta buat ukuran reng memakai dimensi 2/ 3 serta 3/ 4, (Hernadi et al., 2017) . Di dalam perencanaan sambungan, ukuran/ dimensi kayu yang digunakan haruslah telah ditetapkan terlebih dulu dari hasil perhitungan nilai setiap batang tekan, batang tarik, batang vertikal, serta batang horisontal, (Darmawan, R., Husni, H. R., & Widayawati, R. (2018)). Dari hasil perhitungan ini maka di tetapkan dan di analisa kategori sambungan yang digunakan dalam perencanaan kuda-kuda. Biasanya di dalam perencanaan kuda-kuda/ rangka atap jenis sambungan yang digunakan merupakan jenis sambungan gigi, sambungan baut, serta sambungan paku, (Barbari et al., 2014).

## METODOLOGI PENELITIAN

Di dalam penelitian yang akan dilakukan ini akan disampaikan diagram alir/ *flowchart* perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada kuda-kuda dengan menggunakan SAP 2000 dan metode ritter. Berikut ini adalah diagram alir yang digunakan di dalam penelitian ini:

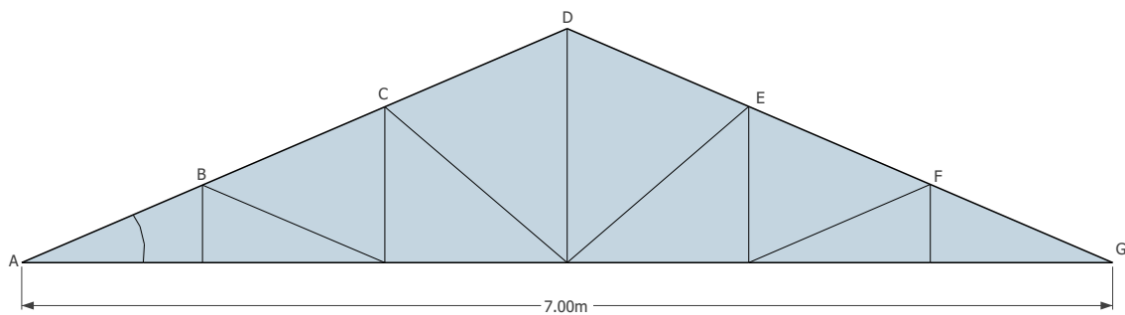


**Gambar 1.** Diagram Alir Analisa Penelitian

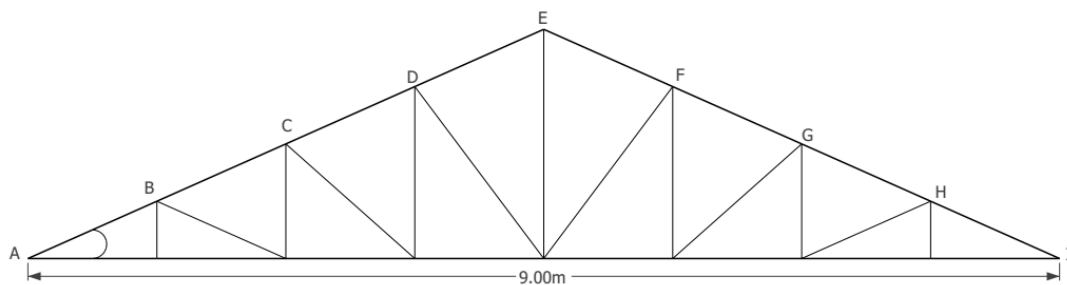
### Analisa dan Simulasi

Dalam perhitungan gaya-gaya dalam (gaya batang tekan, tarik, diagonal, dan vertikal) yang terjadi pada rangka atap/ kuda-kuda menggunakan analisa SAP-2000 dan metode titik buhul. Pada penelitian ini digunakan 3 buah tipe kuda-kuda dengan bentang yang berbeda-beda. Adapun panjang bentang dari rangka kuda-kuda yang digunakan pada

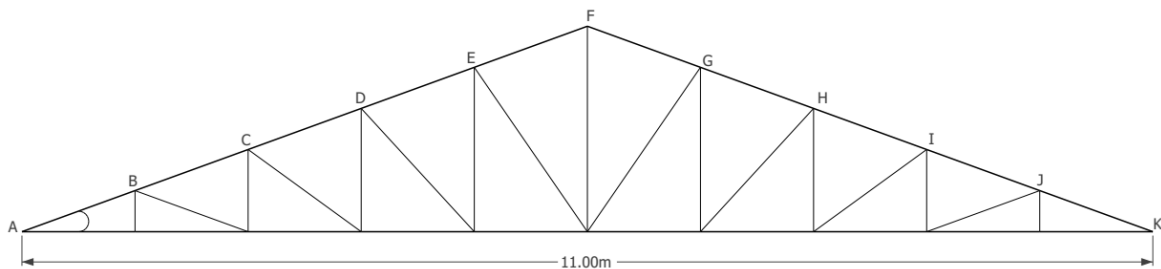
adalah 7 meter dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$ , dengan jumlah batang tekan 6 buah, batang tarik 6 buah, panjang bentang 9 meter dengan sudut  $\alpha = 24^\circ$ , jumlah batang tekan 8 buah, batang tarik 8 buah, dan panjang bentang 11 meter dengan sudut  $\alpha = 20^\circ$ , jumlah batang tekan 10 buah, batang tarik 10 buah, adapun gambar dari kuda-kuda yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



**Gambar 1.** Rangka kuda-kuda dengan panjang bentang 7m



**Gambar 3.** Rangka kuda-kuda dengan panjang bentang 9 m

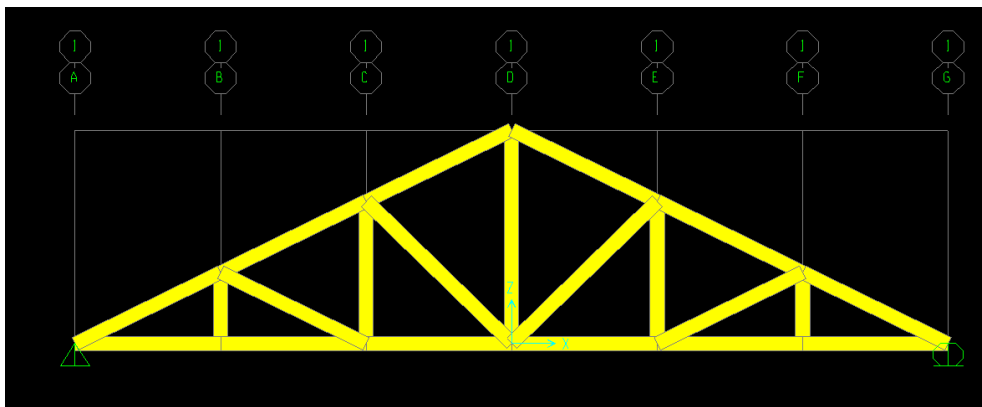


**Gambar 2.** Rangka kuda-kuda dengan panjang bentang 11 m

Sebelum melakukan simulasi by SAP 2000 dan analisa perhitungan dengan metode Titik Buhul maka terlebih dahulu ditentukan parameter-parameter yang digunakan dalam rangka kuda-kuda. Parameter-parameter ini direncanakan dan di desain sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI), desain pembebanan, dan menurut Peraturan Perencanaan Kayu Indonesia (PPKI). Parameter yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada rangka atap/ kuda-kuda dengan SAP-2000 dan metode titik buhul. Parameter yang sudah diperoleh akan di input ke SAP-2000 dan dilakukan simulasi terhadap gaya-gaya batang yang terjadi, sedangkan dalam metode titik buhul dilakukan perhitungan langsung setelah semua parameter yang ditentukan sudah diperoleh, (Tampubolon, S. P., & Mulyani, A. S. (2021, October).

SAP (*Structure Analysis Program*) 2000 merupakan software yang digunakan dalam menganalisa 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. Untuk menghitung gaya-gaya batang yang terjadi pada rangka kuda-kuda dengan menggunakan SAP-2000 maka terlebih dahulu kita harus melakukan perhitungan pembebanan terhadap rangka kuda-kuda sesuai dengan SNI. Dari data perhitungan pembebanan yang kita peroleh kita input ke dalam SAP-2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada kuda-kuda. Dari hasil simulasi yang kita gunakan maka nilai gaya-gaya dalam yang sudah diperoleh akan dibandingkan dengan hasil metode ritter untuk mendapatkan perbandingan hasil antara simulasi dengan metode Titik Buhul.

**Structure Analysis Program (SAP- 2000)**



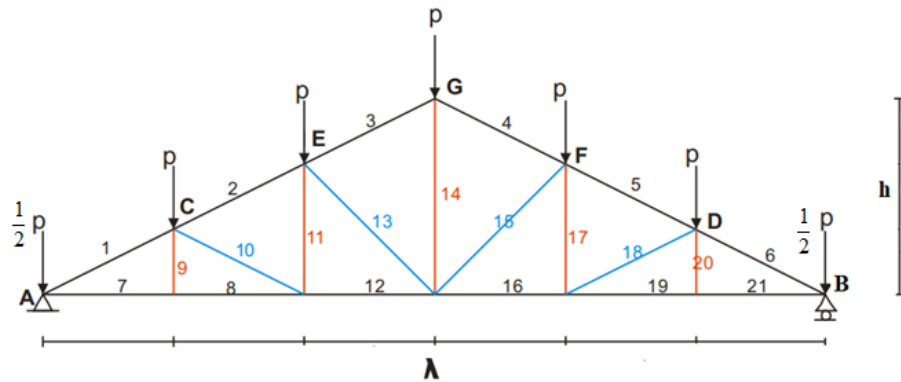
**Gambar 3.** Pemodelan Rangka Atap Kuda-Kuda Dengan SAP-2000

**Metode Titik Buhul**

Pada konstruksi rangka atap/ kuda-kuda, gaya-gaya yang bekerja haruslah dalam keadaan seimbang pada setiap titik simpul/ titik buhul. Dalam hal ini gaya luar (*external force*) dan gaya batang yang terjadi pada rangka atap/ kuda-kuda saling berpotongan dititik simpul/ titik buhul yang belum diketahui dapat dihitung/ ditentukan dengan menggunakan metode Titik Buhul. Dalam

analisa ini pada setiap titik buhul/ titik simpul diperoleh nilai 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 titik buhul. Dengan demikian nilai dari setiap

titik buhul/ titik simpul dapat dicari tariknya, batang diagonal, dan batang vertikal kesesimbangannya satu demi satu untuk sehingga seluruh konstruksi dapat diketahui memperoleh nilai gaya batang tekan, batang tarik, dan batang diagonal, dan batang vertikal nilai dari setiap gaya batangnya

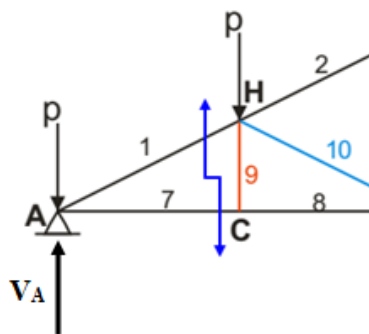


**Gambar 4.** Pemodelan Rangka kuda-kuda dengan Metode Titik Simpul

Dari gambar diatas dapat kita lihat jumlah titik buhul yang terdapat pada rangka kuda-kuda ada 7 buah titik buhul diantaranya titik buhul A, titik buhul B, titik buhul C, titik buhul D, titik buhul E, titik buhul F, dan titik buhul G. Metode titik simpul digunakan

untuk menganalisa/ menghitung seluruh gaya-batang yang terdapat pada seluruh titik buhul/ titik simpul. Perhitungan gaya –gaya dalam dengan menggunakan titik simpul akan kita bandingkan hasilnya dengan analisa SAP 2000

**Simpul A:**



$$\sum Ky = 0$$

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

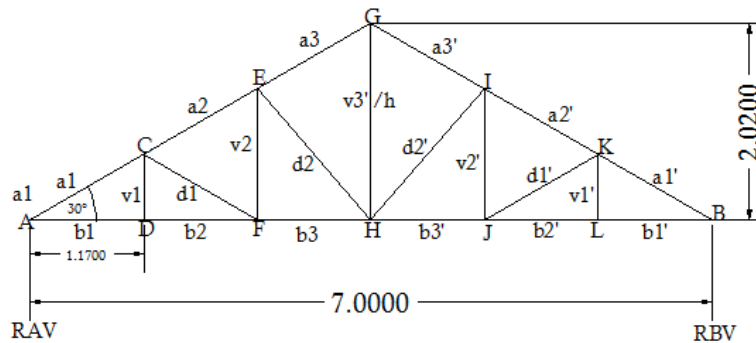
$$\sum Kx = 0$$

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

**Gambar 5.** Analisa Perhitungan pada Potongan Titik Simpul A dengan Metode Titik Simpul

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa dan Perhitungan Kuda – Kuda Dengan Bentang 7 meter**



Data-Data Sebagai Berikut: Panjang bentang kuda – kuda ( L ) = 7 m; Jarak antara kuda–kuda (B) = 3 m; Kemiringan kuda–kuda (  $\alpha$  ) = 30°; Penutup Atap ( genteng ) = 50 kg/ m<sup>2</sup> ( PPIUG); Plafon ( Asbes ) = 18 kg/m<sup>2</sup>; Beban Angin = 25 kg/ m<sup>2</sup> ( PPIUG); Jumlah Batang Tekan Atas (n) = 6; Kayu yang digunakan (BJ) = 650 kg/m; Batang-batang rangka menggunakan = Papan/ Balok; Gording = (  $\frac{7}{14}$  ) cm, (SNI 7973-2013, 2013).

kuda  

$$h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot \tan (30^\circ) = 2.0200 \text{ m}$$
 2. Perhitungan batang Tekan  

$$a = \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{3.5000^2 + 2.0200^2} = 4,0498 \text{ m: } (4,0498 \text{ m} : 3 \text{ batang}) = 1,3499 \text{ m}$$

**Perhitungan Panjang Batang Tarik, Tekan, Vertikal, dan Diagonal**

1. Untuk menghitung ketinggian (h) kuda-

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan nilai panjang batang tarik / tekan/ diagonal dan Vertikal pada bentang kuda-kuda 7 meter

No	Nama Batang	Ukuran Batang ( m )	Batang Tekan	Batang Tarik	Batang Diagonal	Batang Vertikal
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	1.3499	✓	–	–	–
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	1.3499	✓	–	–	–
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	1.3499	✓	–	–	–
4	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	1.1700	–	✓	–	–
5	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	1.1700	–	✓	–	–
6	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	1.1700	–	✓	–	–
7	V <sub>1</sub> & V <sub>1</sub> '	0.6733	–	✓	–	✓
8	V <sub>2</sub> & V <sub>2</sub> '	1.3467	–	✓	–	✓
9	V <sub>3</sub> '/h	2.0200	–	✓	–	✓
10	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	1.3499	–	–	✓	–
11	d <sub>2</sub> & d <sub>2</sub> '	1.7839	–	–	✓	–

**Desain Pembebanan Kuda-Kuda –Kuda Bentang 7 meter**

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

$$\frac{(b.bawah+b.atas+b.diagonal+b.vertikal) \cdot BJ \cdot Dimensi Gording}{n \text{ (jumlah batang tekan)}}$$

$$\frac{(7.0000 + 8.0994 + 6.2676 + 8.08) \cdot 650 \text{ kg/m} \cdot 7.14 \cdot (10^{-9})}{6}$$

= 31,26 kg

2. Berat Sendiri Gording = Dimensi Gording x BJ x B =  $\frac{7.14 \text{ cm}}{10000} \times 650 \text{ kg/m} \times 3 \text{ m} = 19,11 \text{ kg}$

3. Berat Sendiri Atap = B x a x berat atap = 3 m x 1.3499 m x 50 kg/m<sup>2</sup> =

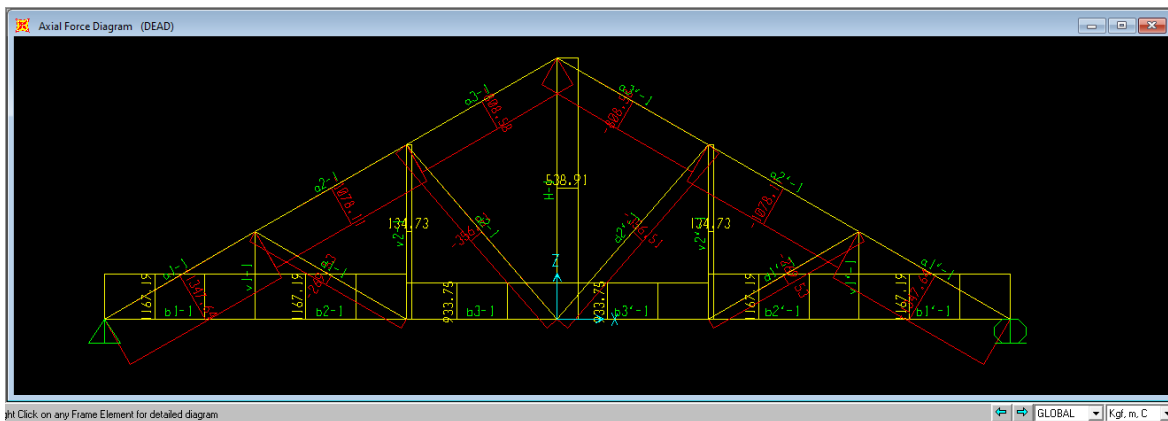
202,485 kg

4. Beban Hidup / Beban Orang: =  $\frac{100 \text{ kg}}{n} = \frac{100}{6} = 16,6 \text{ kg}$

Berat Total = 1 + 2 + 3 + 4 = 31,26 + 19,11 + 202,485 + 16,6 = 269,455 kg

**Analisa Perhitungan Dengan Menggunakan SAP-2000**

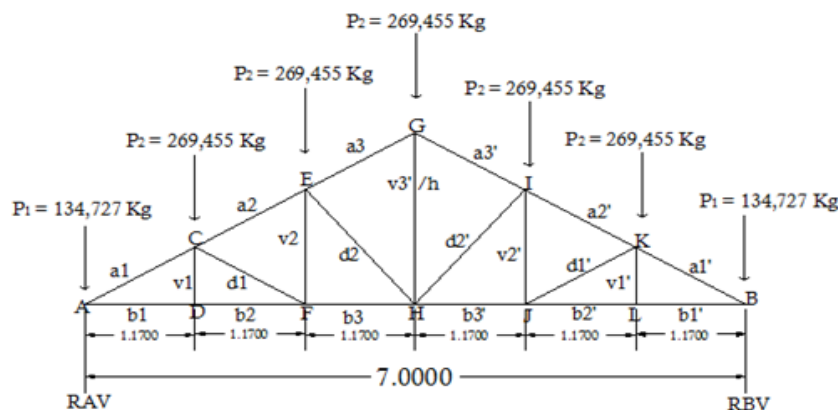
Berikut ini akan di tampilkan Hasil Analisa dengan menggunakan SAP-2000 untuk panjang bentang kuda-kuda 7 m. Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode SAP-2000.

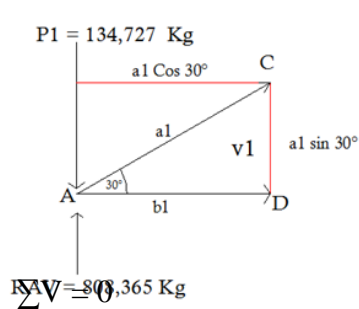


MB = 0  
 (RA x 7 m) – (P/2 x 7m) – (P<sub>2</sub> x 5,85 m) – (P<sub>3</sub> x 4,68 m) – (P<sub>4</sub> x 3,51 m) – (P<sub>5</sub> x 2,3 m) – (P<sub>6</sub> x 1,17m) – (P/2 x 0m) = 0  
 R<sub>AV</sub> = 808,365 kg; R<sub>AV</sub> = R<sub>BV</sub> = 808,365 kg  
**Kontrol:** R<sub>AV</sub> + R<sub>BV</sub> = P<sub>1</sub> + P<sub>2</sub> + P<sub>3</sub> + P<sub>4</sub> + P<sub>5</sub> + P<sub>6</sub> + P<sub>7</sub>

808,365 + 808,365 = 134,727 + 269,455 + 269,455 + 269,455 + 269,455 + 134,727  
 1616,73 kg = 1616,73kg ..... Ok

**Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode Titik Buhul**



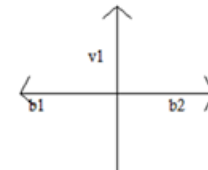


$$\sum V = 0$$

$$-P_1 + RAV + a1 \sin 30^\circ$$

$$a1 = \frac{P_1 - RAV}{\sin 30^\circ} = \frac{134,724 - 808,365}{0,5}$$

$$a1 = -1347,582 \text{ kg (batang tekan)}$$



$$\sum H = 0$$

$$b1 + a1 \cos 30^\circ = 0$$

$$b1 = -(-a1 \cos 30^\circ) = -(-1347,582 \text{ kg} \cos 30^\circ)$$

$$b1 = +1167,140245 \text{ kg (batang tarik)}$$

**Tabel Hasil Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Menggunakan Metode Titik Buhul dan SAP-2000**

**Tabel 2.** Nilai gaya batang tekan dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP-2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	- 1347,64	- 1347, 582	0,05
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	- 1078,11	- 1078,11	0
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	- 808,58	- 808,52	0,06

**Tabel 3.** Nilai gaya batang tarik dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	+1167,19	+ 1167,14	0,05
2	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	+1167,19	+ 1167,14	0,05
3	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	+ 933,75	+ 933,79	0,04

**Tabel 4.** Nilai gaya batang diagonal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

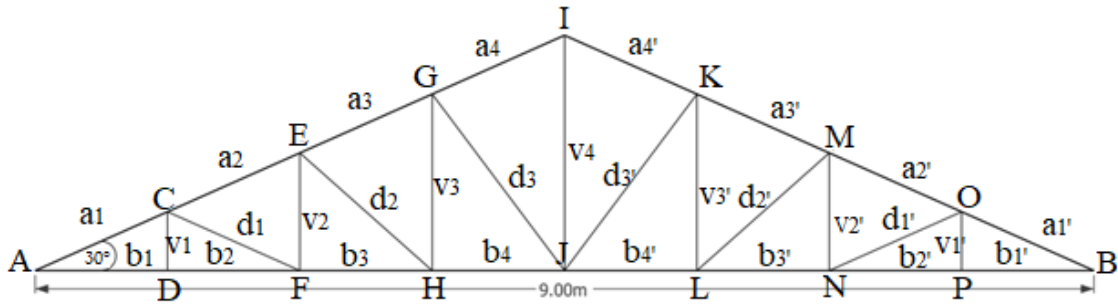
No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	- 269,53	- 269,57	0,04
2	d <sub>2</sub> & d <sub>2</sub> '	- 356,51	- 356,36	0,15

**Tabel 5.** Nilai gaya batang vertikal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	V <sub>1</sub> & V <sub>1</sub> '	0	0	0
2	V <sub>2</sub> & V <sub>2</sub> '	+134,73	+ 134,78	0,05
3	V <sub>3</sub> / V <sub>3</sub> '/h	+538,91	+ 538,886	0,02

### Analisa dan Perhitungan Kuda – Kuda Dengan Bentang 9 meter





Data-Data Sebagai Berikut :

Panjang bentang kuda – kuda ( L ) = 9 m;  
 Jarak antara kuda–kuda ( B ) = 3 m;  
 Kemiringan kuda – kuda (  $\alpha$  ) = 30°; Penutup Atap ( genteng ) = 50 kg/m<sup>2</sup> (PPIUG); Plafon ( Asbes ) = 18 kg/m<sup>2</sup>; Beban Angin = 25 kg/m<sup>2</sup> (PPIUG); Jumlah Batang Tekan Atas ( n ) = 8; Kayu yang digunakan ( BJ ) = 650 kg/m; Batang-batang rangka menggunakan = Papan/Balok; Gording = ( 7/14 ) cm.

**Perhitungan Panjang Batang Tarik, Tekan, Vertikal, dan Diagonal**

1. Untuk menghitung ketinggian (h) kuda-kuda:

$$h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot \tan 30^\circ = 2,598 \text{ m}$$

2. Perhitungan batang Tekan:

$$a = \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{4,5^2 + 2,598^2} = 5,196 \text{ m maka: } (5,196 \text{ m} : 4 \text{ batang}) = 1,299 \text{ m}$$

3. Perhitungan Batang Tarik: ( 9 m : 8 batang ) = 1,125 m

4. Perhitungan Batang Vertikal:

$$V4 / h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha = \frac{1}{2} \cdot 9 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ = 2,598 \text{ m}$$

$$V3 \text{ dan } V3' = \sqrt{AG^2 - AH^2} =$$

$$\sqrt{3.897^2 - 3.375^2} = 1,948 \text{ m}$$

$$V2 \text{ dan } V2' = \sqrt{AE^2 - AF^2} =$$

$$\sqrt{2.598^2 - 2.25^2} = 1,2988 \text{ m}$$

$$V1 \text{ dan } V1' = \sqrt{AC^2 - AD^2} =$$

$$\sqrt{1.299^2 - 1.125^2} = 0,649 \text{ m}$$

5. Perhitungan Batang Diagonal:

$$d1 \text{ dan } d1' = \sqrt{DF^2 + V1^2} =$$

$$\sqrt{1.125^2 + 0.649^2} = 1,2987 \text{ m}$$

$$d2 \text{ dan } d2' = \sqrt{FH^2 + V2^2} =$$

$$\sqrt{1.125^2 + 1.2988^2} = 1,718 \text{ m}$$

$$d3 \text{ dan } d3' = \sqrt{HJ^2 + V2^2} =$$

$$\sqrt{1.125^2 + 1.948^2} = 2.2495 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan dan analisa yang diperoleh maka di dapat nilai dari panjang batang tarik, batang tekan, batang diagonal, dan batang vertikal seperti pada tabel di bawah ini:

**Tabel 6. Hasil Perhitungan nilai panjang batang tarik / tekan/ diagonal dan Vertikal pada bentang kuda-kuda 9 meter**

No	Nama Batang	Ukuran Batang ( m )	Batang Tekan	Batang Tarik	Batang Diagonal	Batang Vertikal
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	1,3	✓	–	–	–
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	1,3	✓	–	–	–
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	1,3	✓	–	–	–
4	a <sub>4</sub> & a <sub>4</sub> '	1,3	✓	–	–	–

No	Nama Batang	Ukuran Batang ( m )	Batang Tekan	Batang Tarik	Batang Diagonal	Batang Vertikal
5	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	1,13	-	✓	-	-
6	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	1,13	-	✓	-	-
7	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	1,13	-	✓	-	-
8	b <sub>4</sub> & b <sub>4</sub> '	1,13	-	✓	-	-
9	V <sub>1</sub> & V <sub>1</sub> '	0,649	-	-	-	✓
10	V <sub>2</sub> & V <sub>2</sub> '	1.2988	-	-	-	✓
11	V <sub>3</sub> & V <sub>3</sub> '	1.948	-	-	-	✓
12	V <sub>4</sub>	2,598	-	-	-	✓
16	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	1,2987	-	-	✓	-
17	d <sub>2</sub> & d <sub>2</sub> '	1,718	-	-	✓	-
18	d <sub>3</sub> & d <sub>3</sub> '	2,2495	-	-	✓	-

**Desain Pembebanan Kuda –Kuda Bentang 9 meter**

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

$$\frac{(b.bawah+b.atas+b.diagonal+b.vertikal).BJ.Dimensi Gording}{n \text{ (jumlah batang tekan)}}$$

$$\frac{(9.0000 + 10.392 + 10.5324 + 10.3896) \cdot 650 \text{ kg/m}}{8} = 32,1 \text{ kg}$$

2. Berat Sendiri Gording = Dimensi Gording x BJ x B =  $\frac{7.14 \text{ cm}}{10000} \times 650 \text{ kg/m} \times 3 \text{ m} = 19,11 \text{ kg}$
3. Berat Sendiri Atap = B x a x berat atap = 3 m x 1,299 m x 50 kg/m<sup>2</sup> = 194,85

kg

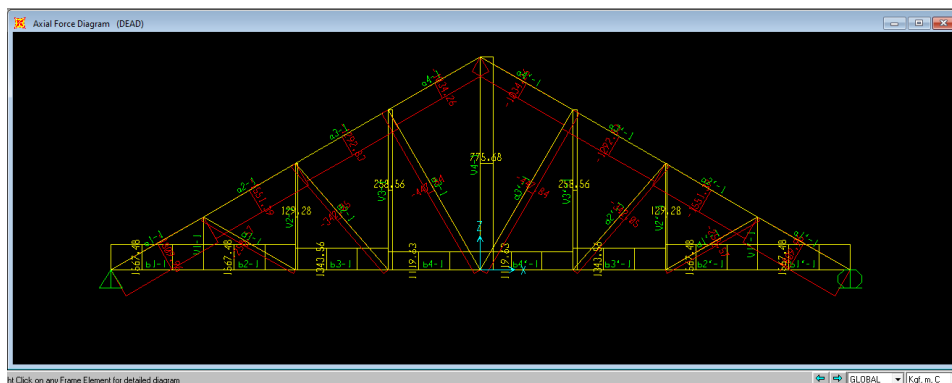
4. Beban Hidup / Beban Orang:  $\frac{100 \text{ kg}}{n} =$

$$\frac{100}{8} = 12,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Total} = 1 + 2 + 3 + 4 = 32,1 \text{ kg} + 19,11 \text{ kg} + 194,85 \text{ kg} + 12,5 \text{ kg} = 258,56 \text{ kg}$$

**Analisa Perhitungan Dengan Menggunakan SAP-2000**

Berikut ini akan di tampilkan Hasil Analisa dengan menggunakan SAP-2000 untuk panjang bentang kuda-kuda 9 m. Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode SAP-2000.



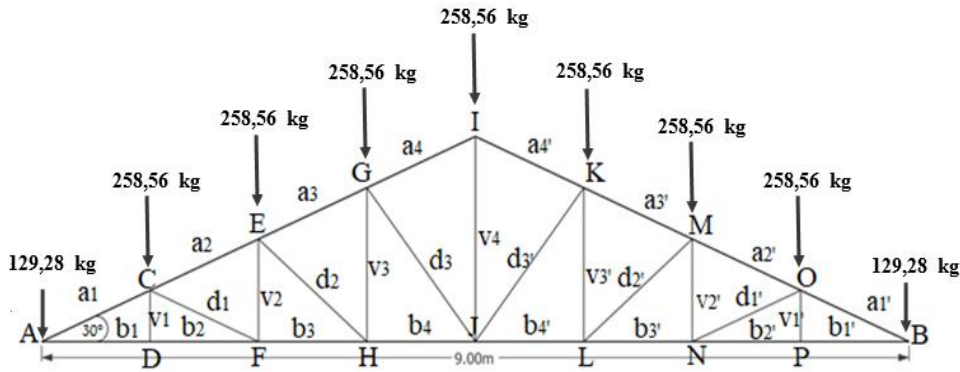
**Kontrol:**

$$R_{AV} + R_{BV} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9$$

$$1034,24 + 1034,24 = 129,28 + 258,56 + 258,56 + 258,56 + 258,56 + 258,56 + 258,56 + 129,28$$

$$2068,48 \text{ kg} = 2068,48 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

**Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode Titik Buhul**



**Titik Buhul A:**

$$\sum V = 0$$

$$-P_1 + R_{AV} + a_1 \sin 30^\circ = 0 ;$$

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

$$= \frac{129,28 - 1034,24}{0,5} = -1809,92 \text{ kg (batang tekan)}$$

$$\sum H = 0$$

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

$$b_1 = -(-a_1 \times \cos 30^\circ) = -(-1809,92 \times \cos 30^\circ) = +1567,44 \text{ kg (batang tarik)}$$

**Titik Buhul D:**

$$\sum V = 0 ; V_1 = 0$$

$$\sum H = 0$$

$$-b_1 + b_2 = 0$$

$$b_2 = +1567,44 \text{ kg (Batang tarik)}$$

**Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Menggunakan Metode Titik Buhul dan SAP-2000**

**Tabel 7.** Nilai gaya batang tekan dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	- 1809.96	- 1809,92	0,04
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	- 1551.39	- 1551,675061	0,28
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	- 1292.83	- 1292,32	0,51
4	a <sub>4</sub> & a <sub>4</sub> '	- 1034.26	- 1034,5225	0,26

**Tabel 8.** Nilai gaya batang tarik dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	+1567.48	+ 1567,44	0,04
2	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	+1567.48	+ 1567,44	0,04
3	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	+ 1343.56	+ 1343,748	0,188
4	b <sub>4</sub> & b <sub>4</sub> '	+ 1119.63	+ 1119,56	0,07

**Tabel 9.** Nilai gaya batang diagonal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

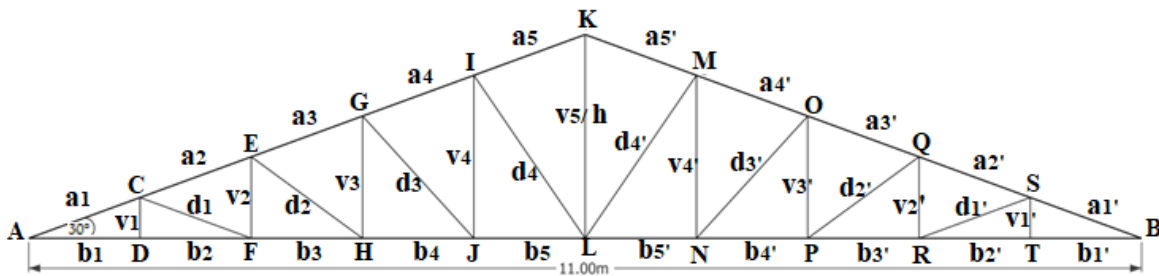
No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	- 258.57	- 258,25	0,05

2	$d_2$ & $d_2'$	-	342,05	-	342,36	0,31
3	$d_3$ & $d_3'$	-	447,84	-	447,806	0,03

**Tabel 10.** Nilai gaya batang vertikal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	$V_1$ & $V_1'$	0	0	0
2	$V_2$ & $V_2'$	+129,28	+ 129,055	0,22
3	$V_3$ & $V_3'$	+ 258,56	+ 258 ,57	0,01
4	$V_4/h$	+775,68	+775,94	0,26

**Analisa dan Perhitungan Kuda – Kuda Dengan Bentang 11 meter**



Data-Data Sebagai Berikut: Panjang bentang kuda – kuda ( L ) = 11 m; Jarak antara kuda – kuda ( B ) = 3 m; Kemiringan kuda – kuda (  $\alpha$  ) = 30°; Penutup Atap ( genteng ) = 50 kg/m<sup>2</sup> ( PPIUG); Plafon ( Asbes ) = 18 kg/m<sup>2</sup>; Beban Angin = 25 kg/m<sup>2</sup> ( PPIUG); Jumlah Batang Tekan Atas ( n ) = 10; Kayu yang digunakan ( BJ ) = 650 kg/m<sup>3</sup>; Batang-batang rangka menggunakan = Papan/Balok; Gording = ( 7/14 ) cm, (BSN, 2013).

**Perhitungan Panjang Batang Tarik, Tekan, Vertikal, dan Diagonal**

1. Untuk menghitung ketinggian (h) kuda-kuda  $h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha = \frac{1}{2} \cdot 11 \cdot \tan 30^\circ = 3,175 \text{ m}$
2. Perhitungan batang Tekan  $a = \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{5,5^2 + 3,175^2} = 6,3506 \text{ m}$ ; (6,3506 m : 5 batang) = 1,270 m
3. Perhitungan Batang Tarik: (11 m : 10 batang) = 1,1 m

4. Perhitungan Batang Vertikal  $V_5 / h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \tan \alpha = \frac{1}{2} \cdot 11 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ = 3,175 \text{ m}$   
 $V_4 \text{ dan } V_4' = \sqrt{AI^2 - AJ^2} = \sqrt{5,08^2 - 4,4^2} = 2,5389 \text{ m}$   
 $V_3 \text{ dan } V_3' = \sqrt{AG^2 - AH^2} = \sqrt{3,81^2 - 3,3^2} = 1,904 \text{ m}$   
 $V_2 \text{ dan } V_2' = \sqrt{AE^2 - AF^2} = \sqrt{2,54^2 - 2,2^2} = 1,26948 \text{ m}$

5. Perhitungan Batang Diagonal  $d_1 \text{ dan } d_1' = \sqrt{DF^2 + V_1^2} = \sqrt{1,1^2 + 0,6347^2} = 1,26997 \text{ m}$   
 $d_2 \text{ dan } d_2' = \sqrt{FH^2 + V_2^2} = \sqrt{1,1^2 + 1,26948^2} = 1,6797 \text{ m}$

$$d3 \text{ dan } d3' = \sqrt{HJ^2 + V3^2} = \sqrt{1.1^2 + 1.904^2} = 2.1989 \text{ m}$$

$$d4 \text{ dan } d4' = \sqrt{HJ^2 + V4^2} = \sqrt{1.1^2 + 2,5389^2} = 2.7669 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan dan analisa yang diperoleh maka di dapat nilai dari panjang batang tarik, batang tekan, batang diagonal, dan batang vertikal seperti pada tabel di bawah ini:

**Tabel 11.** Hasil Perhitungan nilai panjang batang tarik / tekan/ diagonal dan Vertikal pada bentang kuda-kuda 11 meter

No	Nama Batang	Ukuran Batang ( m)	Batang Tekan	Batang Tarik	Batang Diagonal	Batang Vertikal
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	1,270	✓	–	–	–
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	1,270	✓	–	–	–
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	1,270	✓	–	–	–
4	a <sub>4</sub> & a <sub>4</sub> '	1,270	✓	–	–	–
5	a <sub>5</sub> & a <sub>5</sub> '	1,270	✓	–	–	–
11	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	1,1	–	✓	–	–
12	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	1,1	–	✓	–	–
13	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	1,1	–	✓	–	–
14	b <sub>4</sub> & b <sub>4</sub> '	1,1	–	✓	–	–
15	b <sub>5</sub> & b <sub>5</sub> '	1,1	–	✓	–	–
21	V <sub>1</sub> & V <sub>1</sub> '	0,6347	–	–	–	✓
22	V <sub>2</sub> & V <sub>2</sub> '	1.26948	–	–	–	✓
23	V <sub>3</sub> & V <sub>3</sub> '	1.904	–	–	–	✓
24	V <sub>4</sub> & V <sub>4</sub> '	2, 5389	–	–	–	✓
25	V <sub>5</sub>	3,175	–	–	–	✓
30	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	1.26997	–	–	✓	–
31	d <sub>2</sub> & d <sub>2</sub> '	1.6797	–	–	✓	–
32	d <sub>3</sub> & d <sub>3</sub> '	2.1989	–	–	✓	–
33	d <sub>4</sub> & d <sub>4</sub> '	2.7669	–	–	✓	–

**Desain Pembebanan Kuda –Kuda Bentang 9m**

1 Pembebanan kuda-kuda / Berat sendiri kuda-kuda

$$\frac{(b.bawah+b.atas+b.diagonal +b.vertikal ).BJ .Dimensi Gording}{n ( jumlah batang tekan)}$$

$$\frac{( 11.0000 + 12,7012 + 15.83094 + 17,77316 ). 650 \text{ kg/m} . 7.14.10^{-4}}{10}$$

= 36,5 kg

2 Berat Sendiri Gording: Dimensi Gording x BJ x B =  $\frac{7.14 \text{ cm}}{10000} \times 650 \text{ kg/m} \times 3 \text{ m} = 19,11 \text{ kg}$

3 Berat Sendiri Atap: B x a x berat atap = 3 m x 1,270 m x 50 kg/m<sup>2</sup> = 190,05 kg

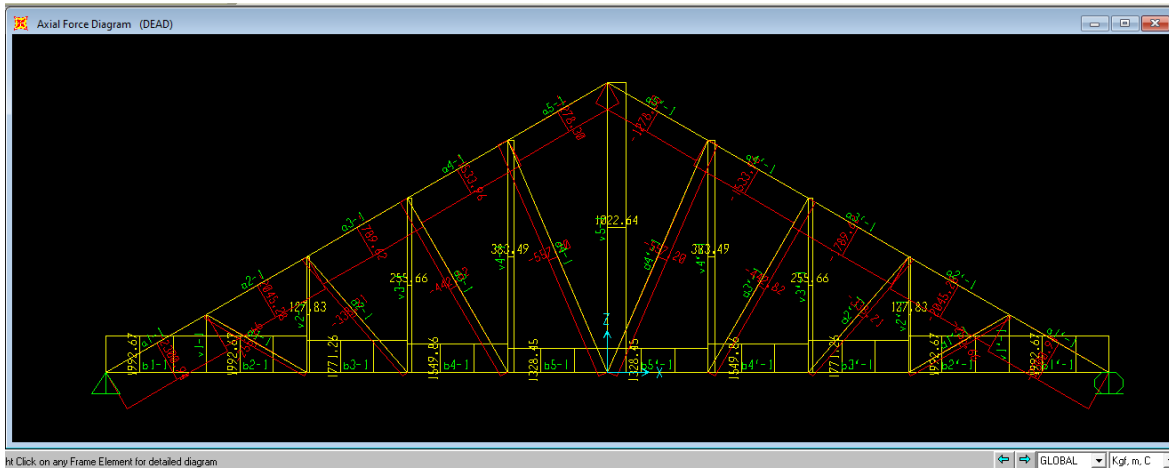
4 Beban Hidup / Beban Orang:  $\frac{100 \text{ kg}}{10} = \frac{100}{10} = 10 \text{ kg}$

Berat Total = 1 + 2 + 3 + 4 = 36,5 kg + 19,11 kg + 190,05 kg + 10 kg = 255,66 kg

### Analisa Perhitungan Dengan Menggunakan SAP-2000

Berikut ini akan di tampilkan Hasil Analisa dengan menggunakan SAP-2000 untuk

panjang bentang kuda-kuda 11 m. Simulasi perhitungan gaya-gaya dalam dengan Metode SAP-2000 diperlihatkan seperti gambar di bawah ini:



$$\sum MB = 0$$

$$R_{AV} = \frac{9271,9616}{11} = 1278,3 \text{ kg}; R_{AV} = R_{BV}$$

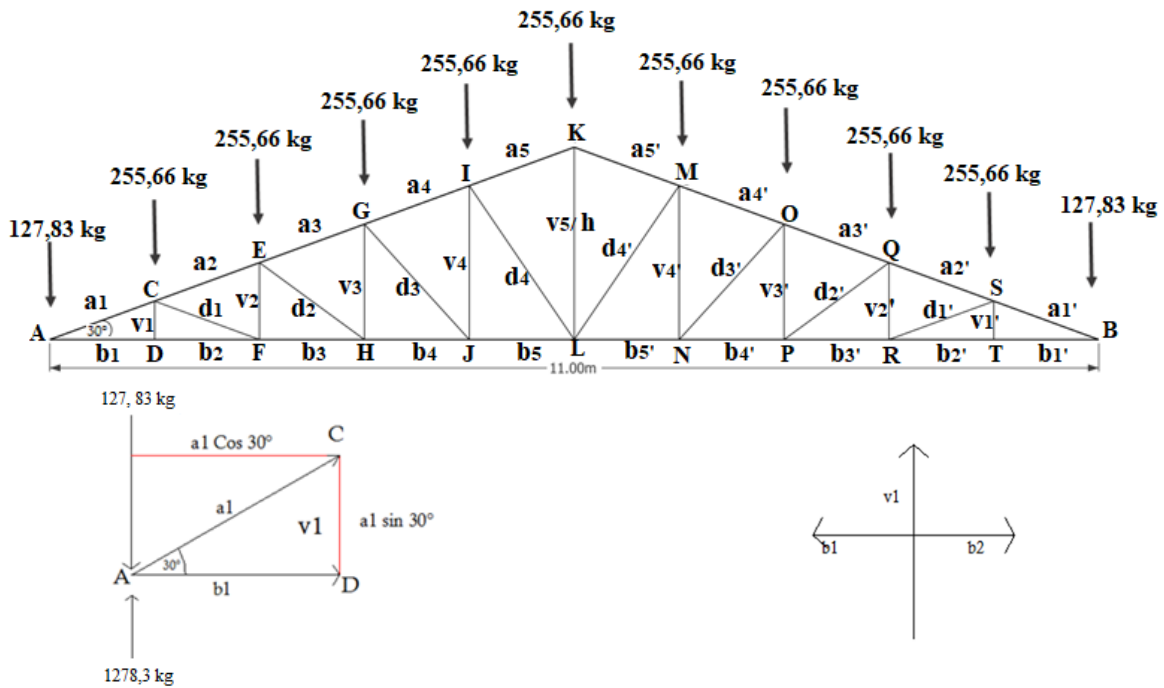
$$= 1278,3 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol: } R_{AV} + R_B = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 +$$

$$P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11}$$

$$1278,3 \text{ kg} = 1278,3 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

### Perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan Metode Titik Buhul



A. Titik Buhul A

$$\sum V = 0$$

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

$$a_1 = \frac{P_1 - RAV}{\sin 30^\circ} = \frac{127,83 - 1278,3}{0,5} = -$$

$$2300,94 \text{ kg}$$

$$\sum H = 0$$

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

$$b_1 = -(-a_1 \times \cos 30^\circ) = -(-2300,94 \times \cos 30^\circ) = +1992,67 \text{ kg}$$

B. Titik Buhul D

$$\sum V = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$\sum H = 0$$

$$-b_1 + b_2 = 0$$

$$b_2 = +1992,67 \text{ kg ( Batang tarik )}$$

**Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya - Gaya Dalam dengan Menggunakan Metode Titik Buhul dan SAP-2000**

**Tabel 12.** Nilai gaya batang tekan dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	a <sub>1</sub> & a <sub>1</sub> '	- 2300,94	- 2300,94	0
2	a <sub>2</sub> & a <sub>2</sub> '	- 2045,28	- 2045,25	0,03
3	a <sub>3</sub> & a <sub>3</sub> '	- 1789,62	- 1789,61	0,01
4	a <sub>4</sub> & a <sub>4</sub> '	- 1533,96	- 1533,93	0,03
5	a <sub>5</sub> & a <sub>5</sub> '	- 1278,30	- 1278,28	0,02

**Tabel 13.** Nilai gaya batang tarik dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	b <sub>1</sub> & b <sub>1</sub> '	+ 1992,67	+ 1992,67	0
2	b <sub>2</sub> & b <sub>2</sub> '	+ 1992,67	+ 1992,67	0
3	b <sub>3</sub> & b <sub>3</sub> '	+ 1771,26	+ 1771,22	0,04
4	b <sub>4</sub> & b <sub>4</sub> '	+ 1549,89	+ 1549,84	0,05
5	b <sub>5</sub> & b <sub>5</sub> '	+ 1328,45	+ 1328,42	0,03

**Tabel 14.** Nilai gaya batang diagonal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	d <sub>1</sub> & d <sub>1</sub> '	- 255,66	- 255,66	0
2	d <sub>2</sub> & d <sub>2</sub> '	- 338,21	- 338,18	0,03
3	d <sub>3</sub> & d <sub>3</sub> '	- 442,82	- 442,86	0,04
4	d <sub>4</sub> & d <sub>4</sub> '	- 557,20	- 557,25	0,05

**Tabel 15.** Nilai gaya batang vertikal dengan menggunakan analisa SAP-2000 dan Metode titik buhul

No	Kode Batang	SAP 2000 ( kg )	Metode Titik Buhul (kg)	Selisih
1	V <sub>1</sub> & V <sub>1</sub> '	0	0	0
2	V <sub>2</sub> & V <sub>2</sub> '	127,83	127,82	0,01
3	V <sub>3</sub> & V <sub>3</sub> '	255,66	255,62	0,04
4	V <sub>4</sub> & V <sub>4</sub> '	383,49	383,38	0,11
5	V <sub>5</sub> / h	1022,64	1022,60	0,04

### **Analisa Hasil Perbandingan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) dan Metode Titik Buhul**

Dari hasil analisa perhitungan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) dan Metode Titik Buhul untuk bentang kuda-kuda 7m di peroleh total pembebanan 269,455 kg dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$  dan jumlah batang tekan 6, sedangkan untuk bentang kuda-kuda 9m di peroleh total pembebanan 258,56 kg dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$  dan jumlah batang tekan 8, dan untuk bentang kuda-kuda 11m di peroleh total pembebanan 255,66 kg dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$  dan jumlah batang tekan 10. Dari hasil analisa pembebanan diperoleh semakin panjang bentang kuda-kuda yang dianalisa maka pembebanan akan semakin berkurang akibat dari jumlah bentang semakin besar untuk pembagi beban pada setiap titik buhul. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari tabel perhitungan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) dan Metode Titik Buhul untuk bentang kuda-kuda 7m, 9m, dan 11 m diperoleh nilai selisih perbandingan untuk bentang 7m berada pada (0,02-0,15) kg, bentang 9m berada pada (0,01-0,51) kg, dan bentang 11m berada pada (0,01-0,11) kg. Dari hasil analisa diatas maka dapat kita simpulkan dengan menggunakan analisa perhitungan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) lebih efisien dalam menganalisa dan mendesain perencanaan kuda-kuda. Hal itu juga dapat kita lihat dari *output* hasil analisa dengan SAP-2000 kita dapat langsung melihat posisi tarik dan tekan dari setiap nilai dan warna gaya batang yang kita peroleh.

### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisa perhitungan dengan menggunakan metode Titik Buhul dan Simulasi SAP-2000 untuk perhitungan 3 buah kuda-kuda dengan bentang 7m, 9m,

dan 11m maka di peroleh beberapa kesimpulan di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari Simulasi dengan menggunakan *Structural Analysis Program* (SAP-2000), maka nilai dari setiap gaya batang pada rangka atap kuda-kuda dapat dihitung dan memiliki nilai yang akurat jika dibandingkan dengan metode perhitungan titik buhul.
2. Dari hasil analisa SAP-2000 dan perhitungan titik buhul diperoleh selisih hasil perbandingan dari setiap gaya batang tarik, tekan, diagonal, dan vertikal berada pada (0 -0,51) kg
3. Dari hasil analisa perhitungan titik buhul terhadap 3 buah rangka kuda-kuda atap dengan bentang 7m, 9m, dan 11m dapat dilihat bahwa nilai perhitungan gaya-gaya batang dengan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) memiliki nilai selisih yang tidak jauh beda dengan perhitungan titik buhul.
4. Analisa perhitungan dengan menggunakan *Structural Analysis Program* (SAP-2000) lebih efisien dan durasi waktu yang tidak lama jika di bandingkan dengan analisa perhitungan titik buhul untuk mendapatkan nilai setiap gaya-gaya batang.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Barbari, M., Cavalli, A., Fiorineschi, L., Monti, M., & Togni, M. (2014). Innovative connection in wooden trusses. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.022>
- BSN. (2013). Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Darmawan, R., Husni, H. R., & Widyawati, R. (2018). Perbandingan Volume Rangka Kayu Pada Pembuatan Rangka Atap Kuda-Kuda



- Bentang 8 (Delapan) Meter Berdasarkan SNI 7973-2013. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 6(2), 143-152.
- Doloksaribu, B., Nababan, D., & Tappangan, H. (2019). Analisis Rangka Kuda-Kuda Kayu (Studi Kasus Gedung Gereja Sion GKI). *Musamus Journal of Civil Engineering*, 2(01), 23-33. <https://doi.org/10.35724/mjce.v2i01.217>
- Hernadi, A., Prasetya, N. A., & Aidil, R. (2017). Analisis Kuat Tarik Kayu Menggunakan PKKNI 1961 dan SNI 7973:2013. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.35334/be.v1i2.603>
- Oktarina, D., & Darmawan, A. (2015). ANALISA PERBANDINGAN RANGKA ATAP BAJA RINGAN DAN RANGKA ATAP KAYU DARI SEGI ANALISIS STRUKTUR DAN ANGGARAN BIAYA. In *Konstruksia*.
- Tampubolon, S. P., & Mulyani, A. S. (2021, October). Analysis and calculation of wooden framework structure by using Structural Analysis Program (SAP)-2000 and method of joint. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
- SNI 7973-2013. (2013). Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. *Badan Standardisasi Nasional*.