

# KOMPARASI BIAYA PENGGUNAAN KAYU DAN BAJA RINGAN UNTUK KONTRUKSI KUDA-KUDA

Hery Kristiyanto<sup>1</sup>, Agung Yuntoro<sup>2</sup>  
E-mail: [heryjogja90@gmail.com](mailto:heryjogja90@gmail.com)

**ABSTRAK:** Perencanaan gedung pada saat ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor namun semua ditujukan untuk mencapai suatu struktur yang kuat dan ekonomis. Termasuk dalam hal perencanaan struktur atap yang mempunyai beberapa macam variasi bahan material yang dapat digunakan untuk bahan rangka dan bahan pembuatan kuda-kuda. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan biaya pada pekerjaan struktur rangka atap dengan kuda-kuda dari kayu dengan kuda-kuda dari baja ringan.

Pengumpulan data secara langsung dari lapangan dengan ditunjang data literatur untuk perencanaan. Struktur kuda-kuda yang terpasang dilapangan adalah baja ringan. Dalam perencanaan menggunakan peraturan pembebanan PPIUG tahun 1987 dan analisa pekerjaan menggunakan SK-SNI. Untuk perhitungan gaya batang dalam perencanaan kuda-kuda menggunakan metode join.

Anggaran biaya untuk pekerjaan atap dengan kuda-kuda dari kayu bengkirai mutu kayu A adalah Rp 113.803.728,77. Sedangkan anggaran biaya untuk pekerjaan kuda-kuda baja ringan yang terpasang Rp 114.285.600,00. Selisih biaya antara penggunaan kuda-kuda kayu dengan kuda-kuda baja ringan adalah Rp 481.871,23. Prosentase selisih biaya terhadap nilai pekerjaan adalah 0,42 %. Perbedaan ini menjadi lebih besar ketika penggunaan penutup atap diperhitungkan karena struktur baja ringan menuntut material penutup atap yang ringan dengan harga yang lebih mahal. Biaya setelah penutup atap diperitungkan untuk rangka atap dengan kuda-kuda baja ringan dengan penutup atap dari metal roof biaya mencapai Rp 186.373.440,00. Sedangkan rangka atap dengan kuda-kuda kayu untuk penggunaan genteng tanah liat mencapai biaya Rp 140.323.262,69 (prosentase selisih biaya = 24,7%) dan untuk penggunaan genteng beton mencapai biaya Rp 146.431.388,45 (prosentase selisih biaya = 21,4%)

**Kata kunci:** kuda-kuda, biaya, bahan

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam pembangunan sebuah gedung diperlukan perencanaan yang baik apalagi gedung yang dipergunakan untuk fasilitas umum. Perencanaan yang dilaksanakan meliputi pekerjaan pondasi, pekerjaan beton/dinding, pekerjaan atap dan pekerjaan-pekerjaan lainnya. Dari berbagai macam pekerjaan itu dapat dilakukan dalam cara yang berbeda mengacu pada aspek-aspek tertentu yang harus dipertimbangkan sehingga pada akhirnya nanti dapat dicapai kualitas yang baik dengan biaya yang sesuai.

Pada pekerjaan rangka atap berdasarkan beban yang direncanakan berbagai macam pertimbangan dapat diambil sesuai bentuk dan material yang akan dipergunakan. Faktor harga, lokasi menjadi pertimbangan jika daerah disekitar mampu menyediakan kebutuhan material yang diperlukan. Keadaan dilokasi juga akan berpengaruh seperti keadaan angin, kelembaban, dan untuk daerah dekat pantai kandungan garam akan berpengaruh

---

1) adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta  
2) adalah mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

besar pada korositas bahan yang digunakan. Faktor lain yang menentukan adalah kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi.

Masalah yang mungkin ditimbulkan berkaitan dengan besar kecilnya biaya sangat tergantung pada pemilihan jenis material yang akan digunakan. Pada saat ini telah banyak dikembangkan dan digunakan rangka atap dari baja ringan sebagai satu alternatif dari jenis rangka baja konvensional dan rangka atap kayu yang sudah lazim digunakan. Dengan membandingkan antara material yang satu dengan yang lain dapat diketahui dan dipilih jenis material yang paling ekonomis tapi dalam kekuatan konstruksi masih dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang perbedaan antara penggunaan satu jenis material dengan material yang lain, maka penulis membuat batasan-batasan sebagai berikut (1) Analisa dalam penelitian ini hanya membahas struktur atap, (2) Material yang digunakan dalam objek penelitian ini adalah bahan dari jenis kayu bengkirai, (3) Untuk rangka atap baja ringan yang digunakan pada proyek pembangunan gedung SD Muh. Kalinampu I Pundong, Bantul, Yogyakarta, tidak dihitung ulang tapi diambil harga total dari pekerjaan tersebut untuk dibandingkan dengan harga total dari perhitungan dalam penelitian ini.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Penelitian ini adalah mengetahui perhitungan beban pekerjaan rangka atap kayu, biaya pekerjaan rangka atap kayu, dan menganalisa perbedaan biaya antara penggunaan kuda-kuda dari kayu dengan penggunaan kuda-kuda dari baja ringan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Salmon dkk (1994) perencanaan struktur dapat didefinisikan sebagai paduan antara seni dan ilmu yang menggabungkan intuitif seorang insinyur berpengalaman dalam kekakuan struktur dengan pengetahuan mendalam tentang prinsip struktur dinamika, mekanika bahan dan analisa struktur, untuk mendapatkan struktur yang ekonomis dan aman serta sesuai dengan tujuan pembuatannya.

Atap adalah bagian bangunan yang merupakan "*mahkota*", mempunyai fungsi untuk menambah keindahan dan sebagai pelindung bangunan dari panas dan hujan (Puspanyo, 1984). Beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk pekerjaan atap adalah : harus serasi dengan bangunannya sehingga dapat menambah keindahan dari bangunan, dibuat dengan kemiringan sedemikian, sehingga air hujan dapat cepat meninggalkan atap bangunan, harus dibuat dari bahan yang tahan dan tidak mudah rusak oleh pengaruh cuaca, panas dan hujan, dan dapat memberikan kenyamanan bertempat tinggal bagi penghuninya. Pada rangka batang dua dimensi yaitu suatu sistem rangka yang strukturnya terbentuk dari elemen-elemen batang lurus yang dirangkai dalam bidang datar, dengan sambungan antar ujung-ujung batang diasumsikan "sendi sempurna". Beban luar yang bekerja di titik-titik buhul dengan arah sembarang dan sebidang dengan struktur tersebut. Pada sistem ini apabila semua persyaratan diatas dipenuhi maka semua elemen-elemen pembentuk sistem tersebut hanya akan mengalami gaya aksial desak atau tarik.

Menurut Soegeng Djojowiriono (1984) yang dimaksud Rencana Anggaran Biaya /RAB (*Begrooting*) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Rencana anggaran biaya dibuat sebelum proyek dilaksanakan, jadi masih merupakan anggaran perkiraan bukan anggaran yang sebenarnya berdasarkan pelaksanaan (*actual cost*). Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan gambar-gambar rencana dan spesifikasi yang sudah ditentukan. Menurut John W Niron dalam buku "Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan (Rencana Anggaran Biaya Bangunan)" 1990, Rencana Anggaran Biaya adalah merencanakan suatu bangunan dalam bentuk dan manfaat penggunaannya serta besarnya biaya yang digunakan dan susunan-susunan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan dibidang teknik. Jadi maksud dari pembuatan Rencana Anggaran Biaya adalah mengetahui biaya yang diperlukan pada suatu proyek pembangunan untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Data untuk keperluan pembuatan penelitian ini terdiri dari data-data berikut :

1. Data primer adalah data-data yang diperoleh langsung dari lapangan.
2. Data sekunder adalah data yang diambil dari Konsultan Perencana (CV. Tri Matra) dan dari Konsultan Pelaksana (CV. Nusantara) maupun dari Konsultan Pengawas (CV. Cipta Sarana)

## 4. Landasan Teori

### 4.1 Pembebanan dan Tegangan

Beban Mati (M) adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat permanen yang merupakan bagian yang terdapat dalam gedung. Dalam perencanaan digunakan acuan PPIUG tahun 1983. Untuk Beban Hidup (H) pada atap gedung, yang dapat dicapai dan dibeban oleh orang, harus diambil 100 kg/m<sup>2</sup> bidang datar. Menurut PPIUG tahun 1983 Beban Angin ditentukan dengan anggapan adanya tekanan positif (tekan) dan tekanan negatif (isap) yang bekerja tegak lurus bidang yang ditinjau, besarnya tekanan ini diperoleh dengan mengalikan koefisien angin dengan tekanan tiup dari angin. Tekanan tiup minimum 25 kg/m<sup>2</sup>. Untuk gedung tertutup (ada dinding) dengan sudut kemiringan atap  $\alpha \leq 65^\circ$  dan  $65^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  termasuk atap parabola, koefisien angin sebesar -0,4. Untuk gedung yang terbuka sebelah (dinding ada pada satu sisi) dengan sudut atap  $\alpha \leq 65^\circ$  dan  $65^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ , pada pihak angin koefisiennya -1, serta pada belakang angin koefisien angin -0,1. Untuk perencanaan suatu konstruksi, perlu diketahui tegangan ijin dari kayu yang akan digunakan dalam perencanaan itu. Untuk setiap macam kayu kita bagi menjadi 2 mutu. Yaitu mutu kayu A dan mutu kayu B.

Table 1 Tegangan yang dipergunakan untuk kayu mutu A (kg/cm<sup>2</sup>) :

TEGANGAN	KLAS KUAT					JATI
	I	II	III	IV	V	
$\bar{\sigma}_{lt}$	150	100	75	50	-	130
$\bar{\sigma}_{ds//} = \bar{\sigma}_{tr//}$	130	85	60	45	-	110
$\bar{\sigma}_{ds\perp}$	40	25	15	10	-	30
$\bar{\tau}_{//}$	20	12	8	5	-	15

Dengan adanya pengaruh keadaan konstruksi dan muatan, maka angka-angka tersebut harus dikalikan dengan :

1. Faktor 2/3 : untuk konstruksi yang selalu terendam air dan untuk konstruksi yang tidak terlindung dan kemungkinan kadar lengas kayu akan tinggi, misalnya didalam terowongan dan sebagainya.
2. Faktor 5/6 : untuk konstruksi yang tidak terlindung. Tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat, misalnya pada jembatan, perancah dan sebagainya.

3. Faktor 5/4 : untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin dan untuk bagian-bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap.

Untuk bagian-bagian yang arah gayanya membentuk sudut  $\alpha$  dengan arah serat kayu, maka tegangan harus dihitung sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{tk\ \alpha} = \bar{\sigma}_{tk//} - (\bar{\sigma}_{tk//} - \bar{\sigma}_{tk\perp}) \sin \alpha \dots\dots\dots (3.1)$$

Jika balok dibebani momen maka serat-serat tepi atas terdesak dan tepi bawah tertarik. Dari rumus

$$\sigma_{.lt} = \frac{M}{W_n} \dots\dots\dots (3.2)$$

untuk menentukan ukuran dipakai rumus

$$W = \frac{1}{6} bh^2 = \frac{M}{\sigma_{.lt}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Pada balok lentur ukuran harus cukup besar sehingga tegangan tidak melebihi yang diijinkan, juga lendutan ditengah balok tidak boleh melebihi batas. Dengan mengabaikan pergeseran pada tempat-tempat sambungan, lendutan pada suatu konstruksi akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi untuk balok yang digunakan pada konstruksi terlindung

lendutan maksimal  $f_{\text{mak}} \leq \frac{1}{300} L$  , balok pada konstruksi tidak terlindung  $f_{\text{mak}} \leq \frac{1}{400} L$  ;

dan pada konstruksi kuda-kuda, gording, kasau dan sebagainya :  $f_{\text{mak}} \leq \frac{1}{200} L$  dimana  $f$  adalah lendutan,  $L$  adalah jarak.

Apabila suatu konstruksi, karena suatu sebab menderita tegangan lentur dan tegangan tarik bersama, maka harus dihitung :

$$\sigma = \frac{S}{F_n} + \varphi_1 \frac{M}{W_n} \leq \sigma_{tr//} \dots\dots\dots (3.4 a)$$

$$\varphi_1 = \frac{\sigma_{tr//}}{\sigma_{.lt}} \dots\dots\dots (3.4 b)$$

Dimana  $\sigma$  adalah tegangan,  $S$  adalah gaya tekuk,  $F_n$  adalah Luas penampang netto,  $M$  adalah momen, dan  $W_n$  adalah momen penahan netto.

Apabila suatu bagian konstruksi menderita tegangan lentur dan tegangan tekan bersama, maka harus dihitung :

$$\sigma = \frac{S \cdot \omega}{F \cdot br} + \varphi_2 \frac{M}{W_n} \leq \sigma_{tk//} \dots\dots\dots (3.5 a)$$

$$\varphi_2 = \frac{\sigma_{tk//}}{\sigma_{.lt}} \dots\dots\dots (3.5 b)$$

Dimana  $S$  adalah gaya tekan dan  $F_{br}$  adalah Luas penampang bruto

Untuk balok dengan  $h < \frac{1}{12} \ell$  maka  $f_{\text{mak}} = \frac{5}{384} \times \frac{Q \cdot \ell^3}{E \cdot I} \dots\dots\dots (3.6)$

Untuk keperluan menghitung lenturan suatu balok dan batang tertekuk diperlukan Modulus kenyal (E) kayu sejajar arah serat. Kuat kayu kelas I mempunyai  $E = 125.000$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), Jati kelas II mempunyai  $E = 100.000$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), kelas III mempunyai  $E = 80.000$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), dan Jati kelas IV mempunyai  $E = 60.000$  ( $\text{kg/cm}^2$ ),

Batang tekan (*compression member*) adalah elemen struktur yang mendukung gaya tekan aksial. Pada batang-batang yang menderita tegangan desak, tegangan yang terjadi harus dimodifikasi dengan suatu faktor tekuk yang besarnya tergantung pada jari-jari inersia, panjang tekuk batang dan jenis batang. Panjang tekuk batang diperoleh dengan mengalikan faktor panjang tekuk dengan panjang batang sebenarnya. Berdasarkan PPIUG tahun 1983 nilai faktor panjang tekuk ditentukan berdasarkan kombinasi dari perletakkannya.

Untuk batang yang menahan tegangan tekan, panjang tekuk ( $\ell_k$ ) harus diambil sebesar jarak antara dua titik yang berturut-turut yang bebas tekukan. Bagian konstruksi yang akan menghindari tekukan harus diperhitungkan terhadap gaya dalam arah tekukan tersebut sebesar 1% dari gaya tekan terbesar yang bekerja disamping-sampingnya.

$$\text{Yang dimaksud angka kelangsingan } \lambda = \frac{\ell_k}{i_{\min}} \dots\dots\dots (3.7 a)$$

$$\text{Dengan } i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F_{br}}} \dots\dots\dots (3.7 b)$$

Dimana  $\ell_k$  = panjang tekuk,  $i_{\min}$  = jari-jari inersia,  $I_{\min}$  = momen inersia,  $F_{br}$  = luas tampang batang bruto. Tiap-tiap batang tertekan harus mempunyai  $\lambda \leq 150$

Untuk menghindari tekuk pada batang tertekan, gaya yang ditahan oleh batang itu harus dikalikan dengan faktor tekuk  $\omega$ , sehingga :

$$\sigma = \frac{S \cdot \omega}{F_{br}} \leq \sigma_{ds} // \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana  $\sigma$  adalah Tegangan yang timbul, S adalah Gaya yang timbul pada batang  $\omega$  faktor tekuk.

#### 4.2. Batang Tarik

Batang tarik adalah batang yang mendukung tegangan tarik aksial yang diakibatkan oleh bekerjanya gaya tarik aksial pada ujung-ujung batang. Pada batang tarik bagian-bagian yang dibebani dengan tegangan lentur, perlemahan akibat lubang untuk alat sambung harus diperhitungkan. Tegangan tarik batas dapat dicapai dengan mudah bila sambungan ujung direncanakan lebih kuat daripada kekuatan batangnya. Dalam perencanaan batang tarik luas tampang batang diambil perlemahan 20% sampai 25% untuk sambungan dengan baut.

Perencanaan batang tarik harus ditinjau dari beberapa segi yakni tegangan, pelayanan, keliatan, dan ketahanan. Tegangan (*stress*), ukuran harus dipilih sedemikian rupa sehingga tegangan yang terjadi kurang atau sama dengan tegangan tarik ijin. Dari perbandingan tarik ijin dapat diketahui hemat tidaknya perencanaan. Semakin dekat tegangan yang terjadi dari tegangan ijinnya maka perencanaan dikatakan ekonomis. Pelayanan (*serviceability*). Struktur tidak diperkenankan menunjukkan perilaku yang

mengkhawatirkan pemakai. Misalnya defleksi yang berlebihan, bergetarnya elemen struktur oleh kendaraan yang bergerak dan sebagainya. Dalam hal ini kelangsingannya harus dibatasi. Sifat Keliatan (*ductility*) merupakan persyaratan yang paling penting. Tanpa daktilitas yang baik tidak akan terjadi redistribusi tegangan yang menyebabkan hitungan menjadi sederhana khususnya pada perencanaan plastis. Sifat ini diketahui dari percobaan tarik. Ketahanan (*durability*) terhadap cuaca panas dan dingin, korosi atau suhu yang meningkat perlu diperhatikan. Konstruksi terlindung atau konstruksi di luar juga berpengaruh dalam ketahanan, dalam perencanaan atap konstruksi rangka terlindung oleh penutup atap.

### 4.3. Sambungan

Di dalam konstruksi kayu yang meminta perhatian besar adalah tempat-tempat hubungan atau sambungan, karena sambungan selalu merupakan titik terlemah pada suatu konstruksi. Dalam hal ini jenis sambungan yang dipakai adalah

#### 1. Sambungan gigi

Pada sambungan gigi gesekan antara kayu dengan kayu didalam perhitungan diabaikan. Untuk sambungan gigi tunggal dalamnya gigi tidak boleh melebihi batas tertentu yaitu :  $tv \leq \frac{1}{4} h$  untuk  $\alpha \leq 50^\circ$ ,  $tv \leq \frac{1}{6} h$ , untuk  $\alpha > 60^\circ$

untuk  $50^\circ < \alpha \leq 60^\circ$  nilai h dicari dengan interpolasi.

$$\text{Digunakan rumus : } tv = \frac{S}{112b} \dots\dots\dots (3.9 a)$$

Perhitungan kayu muka

$$Lv = \frac{S \cdot \cos \alpha}{b \cdot \tau_{II}} \leq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots (3.9 b)$$

$$ts = \frac{tv}{\cos \frac{1}{2} \alpha} \dots\dots\dots (3.9 c)$$

$$\sigma \frac{1}{2} \alpha = \frac{S \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha}{b \cdot ts} \dots\dots\dots (3.10)$$

$$\text{Dengan } \sigma \alpha = \sigma ds// - (\sigma ds// - \sigma ds \perp) \sin \alpha \dots\dots\dots (3.11 a)$$

$$\sigma \frac{1}{2} \alpha = \sigma ds// - (\sigma ds// - \sigma ds \perp) \sin \frac{1}{2} \alpha \dots\dots\dots (3.11 b)$$

#### 2. Sambungan baut

Baut sebagai alat penyambung banyak dipakai karena kemudahan dalam pemasangan dan pengadaan, meskipun sebenarnya tidak begitu baik karena efisiensi rendah dan deformasi besar. Sambungan dengan baut dibagi dalam 3 golongan menurut kekuatan kayu. Dengan kayu bengkirai termasuk (kelas kuat I), golongan I, digunakan rumus untuk sambungan golongan I tampang 1

$$\bar{P} = 50 d \ell (1 - 0,6 \sin \alpha) \dots\dots\dots (3.12 a)$$

$$\bar{P} = 240 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha) \dots\dots\dots (3.12 b)$$

Untuk sambungan dengan baut mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :

- a) Alat sambung baut harus terbuat dari baja  $s_t$  37 atau dari besi yang mempunyai kekuatan paling sedikit seperti  $s_t$  37.
- b) Lubang baut harus dibuat secukupnya saja dan kelonggaran harus  $\leq 1,5$  mm.
- c) Garis tengah baut harus  $\geq 10$  mm ( $\frac{3}{8}$ "), sedang untuk sambungan baik tampang satu maupun tampang dua, dengan tebal kayu lebih besar dari 8 cm, harus dipakai baut dengan garis tengah  $\geq \frac{1}{2}$ ".
- d) Baut harus disertai cincin-tutup yang tebalnya  $\leq 0,3$  d dan  $\leq 5$  mm dengan garis tengah  $3d$ , atau jika mempunyai bentuk persegi empat lebarnya  $\geq 3d$ , dimana  $d$  = garis tengah baut. jika bautnya hanya sebagai perekat maka tebal cincin-tutup dapat diambil  $0,2$  d dan maksimum 4mm.
- e) Apabila pada sambungan digunakan plat dari besi (baja), atau pada sambungan tampang dua plat-plat sambungannya terbuat dari besi (baja), maka nilai  $P$  dinaikan dengan 25%.
- f) Apabila baut tersebut digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung maka didalam perhitungan kekuatannya harus dikalikan dengan angka  $\frac{5}{6}$  dan apabila dipergunakan pada konstruksi yang selalu basah maka kekuatannya harus dikalikan  $\frac{2}{3}$ .
- g) Jika gaya yang didukungnya itu disebabkan oleh beban sementara, maka kekuatan sambungan dapat dinaikan dengan 25 %.

#### 4.4. Kuda-kuda

Kuda-kuda adalah bagian yang memberikan bentuk kepada atapnya dan sekaligus berfungsi sebagai pendukung atapnya. Kuda-kuda dibuat dengan cara merangkaikan beberapa batang kayu yang dibentuk menjadi suatu konstruksi rangka batang dengan bentuk dasar segitiga. Untuk menentukan ukuran kayu yang akan dipakai dapat dihitung dengan metode *Cremona* terhadap beban atap yang didukungnya, dengan anggapan kuda-kuda terletak pada tumpuan sendi dan rol.

#### 4.5. Rencana Anggaran Biaya

Estimasi biaya/rencana anggaran biaya merupakan perkiraan perhitungan biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam proyek konstruksi sehingga diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut.

1. Volume / Kubikasi Pekerjaan. Volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah volume (isi sesungguhnya) melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. Volume pekerjaan mempunyai uraian terperinci. Yang dimaksud uraian volume pekerjaan adalah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Menguraikan berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan gambar detail.

2. Harga Satuan Pekerjaan. Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Satuan Upah.

## 5. PEMBAHASAN

### 5.1. Data Dan Perencanaan

Data teknis untuk perencanaan panjang kuda-kuda 7 m, tinggi kuda-kuda 2,2 m.

Tabel 2 Ukuran Bangunan

gedung	panjang	lebar	Jumlah kuda-kuda	Jarak antar kuda-kuda
A	20	7	5	3,33
B	26	7	7	3,25
C	24	7	7	3,00

Jarak antar gording (L) = 2,067m, kemiringan atap  $\alpha = 32^\circ$ , jarak antar kuda-kuda (X) = 3,33 m diambil yang terpanjang yaitu pada gedung A

Tabel 3 Panjang Batang

No batang	Jenis batang	Panjang batang (m)	Panjang total (m)
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4$	atas	2,0670	8,268
$b_1 = b_2$	horisontal bawah	3,5	7
$b_3$	horisontal atas	3,5	3,5
$d_1 = d_2$	diagonal	2,0670	4,134
$v_1$	vertikal	2,2	2,2
,Panjang total			25,102

### 5.2. Perhitungan Beban Tetap

- Beban mati  $P = 2,0670 \cdot 3,3 \cdot 50 = 339,9$  kg
- Beban kuda-kuda  $P = 63,96$  kg
- Beban penggantung dan langit-langit  $P_s a = 83,16$  kg
- Beban gording  $P = 57,66$  kg
- Beban hidup  $P = 613,899$  kg

Total Beban Tetap  $P_1 = 339,9 + 63,96 + 83,16 + 57,66 + 613,899 = 1158,579$  kg

### 5.3. Analisa Gaya Batang Akibat Beban Tetap

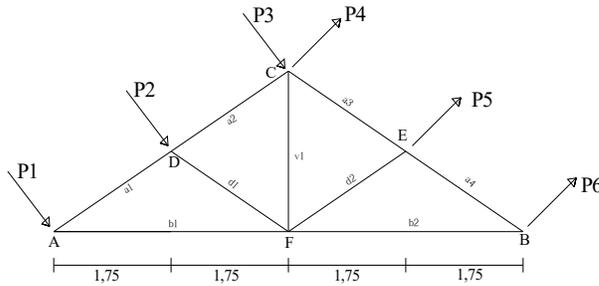
Dengan metode join untuk mencari gaya batang kuda-kuda

Tabel 4 Gaya Batang

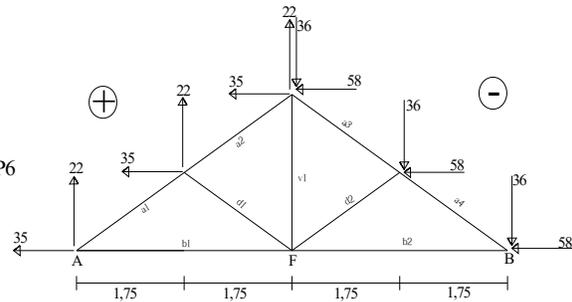
Batang	Tarik (+) kg	Desak (-) kg
$a_1 = a_4$	-	3258
$a_2 = a_3$	-	2172
$b_1 = b_2$	2763	-
$d_1 = d_2$	-	1086
$v_1$	1153	-

### 5.4. Analisa Gaya Batang Akibat Beban Angin

Menurut PPIUG 1983, Tekanan tiup harus diambil minimum  $25 \text{ kg/m}^2$ . koefisien angin untuk bangunan tertutup, atap segitiga dengan kemiringan  $\alpha < 65^\circ$  dipihak angin adalah  $0,02 \alpha - 0,4$  dibelakang angin untuk semua  $\alpha$  adalah  $-0,4 \alpha$ . Gaya angin tekanan adalah  $(0,02 \cdot 32 - 0,4) \cdot 25 = 6 \text{ kg/m}^2$ . Gaya angin tiup =  $-0,4 \cdot 25 = -10 \text{ kg/m}^2$



Gambar 1 Gaya Akibat Angin



Gambar 2 Gaya Akibat Angin Kiri

Tabel 5 Gaya Akibat Angin Kiri

Batang	Gaya batang tekan (-)	Gaya batang tarik (+)
a <sub>1</sub>	81	-
a <sub>2</sub>	43	-
a <sub>3</sub>	-	28
a <sub>4</sub>	-	28
b <sub>1</sub>	-	34
b <sub>2</sub>	81	-
d <sub>1</sub>	-	41
d <sub>2</sub>	43	-
v <sub>1</sub>	-	45

Tabel 6 Kombinasi Gaya Batang

Batang	Gaya Beban Tetap	Gaya Beban Angin Kiri	Gaya Beban Angin Kanan	Beban Sementara	Beban Sementara	Beban Rencana
a <sub>1</sub>	- 3258	- 81	+ 81	-3339	-3177	-3339
a <sub>2</sub>	- 2172	- 43	+43	-2215	-2129	-2215
a <sub>3</sub>	- 2172	+ 28	- 28	-2144	-2200	-2200
a <sub>4</sub>	- 3258	+ 28	- 28	-3230	-3286	-3286
b <sub>1</sub>	+ 2763	+ 34	- 34	+2797	+2729	+2797
b <sub>2</sub>	+ 2763	- 81	+ 81	+2682	+2844	+2844
d <sub>1</sub>	- 1086	+ 41	-41	-1045	-1127	-1127
d <sub>2</sub>	- 1086	- 43	+ 43	-1129	-1043	-1129
v <sub>1</sub>	+ 1153	+ 45	- 45	+1198	+1108	+1198

### 5.5. Menghitung Dimensi Batang Kuda-kuda

Kayu yang dipakai untuk kuda-kuda adalah bengkirai merupakan kayu dengan kelas kuat I, dengan mutu kayu A, konstruksi terlindung ( $\beta = 1$ ) dan beban tetap ( $\gamma = 1$ )

$$\sigma_{lt} = 150 \times 1 \times 1 \times 1 = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ds//} = 130 \times 1 \times 1 \times 1 = 130 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ds \perp} = 40 \times 1 \times 1 \times 1 = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{//} = 20 \times 1 \times 1 \times 1 = 20 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 7 Ukuran Dimensi Batang

batang	Panjang batang (m)	Dimensi batang (cm)
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4$	2,0670	10/14
$b_1 = b_2$	3,5	10/14
$d_1 = d_2$	2,0670	8/12
$v_1$	2,2	10/14
balok ikatan angin	3,96	6/8
balok pengaku	0,8	10/14

\*) Kalkulasi sambungan

Kayu bengkirai merupakan kayu dengan kelas kuat I, dengan mutu kayu A, konstruksi terlindung ( $\beta = 1$ ) dan beban tetap ( $\gamma = 1$ )

### 5.6 Harga Satuan Bahan

Bahan-bahan yang akan dipergunakan dibuat dalam daftar harga satuan bahan dan untuk upah kerja dibuat dalam daftar satuan upah kerja. Berdasarkan peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No : 17 tahun 2007 tentang standarisasi harga barang dan jasa (SHBJ) adalah :

Tabel 8 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah Kerja

No	Jenis Bahan Bangunan	Satuan	Harga (Rp)	No	Jenis Upah	Satuan	Upah (Rp)
1	Kayu bengkirai balok	m <sup>3</sup>	5.800.000	1	Tenaga/pekerja	Hari	30.000
2	Kayu bengkirai reng	m	3.480	2	Tukang kayu	Hari	37.500
3	Baut	kg	10.900	3	Kepala tukang	Hari	37.500
4	Paku besar, sedang	kg	9.250	4	Mandor	Hari	36.000
5	Paku reng	kg	8.250				
6	Paku usuk	kg	8.250				
7	Genteng tanah liat kodok	bh	825				
8	Genteng beton	bh	2.750				
9	Besi Strip Tebal 5mm	kg	8.800				

### 5.7. Harga Pekerjaan Dan Analisa

Selanjutnya membuat daftar harga satuan pekerjaan dari daftar analisa pekerjaan berdasarkan SNI 3434 tahun 2007 dan daftar harga satuan bahan dan satuan upah kerja yang ada yaitu

Tabel 9 Memasang 1m<sup>3</sup> kuda-kuda konvensional untuk kayu kelas kuat I

Kebutuhan		Satuan	Indeks	Harga sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	Balok Kayu	m <sup>3</sup>	1,100	5.800.000	6.380.000
	Besi Strip Tebal 5mm	kg	15,000	8.800	132.000
	Paku 12cm	kg	5,600	9.250	51.800
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	4,000	30.000	120.000
	Tukang Kayu	OH	12,000	37.500	450.000
	Kepala Tukang	OH	1,200	37.500	45.000
	Mandor	OH	0,200	36.000	7.200
Jumlah harga per satuan pekerjaan					7.186.000

Tabel 10 Memasang 1m<sup>3</sup> konstruksi gording

Kebutuhan		Satuan	Indeks	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	Balok Kayu	m <sup>3</sup>	1,100	5.800.000	6.380.000
	Besi Strip Tebal 5mm	kg	15,000	8.800	132.000
	Paku 12cm	kg	3,000	9.250	27.750
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	2,400	30.000	72.000
	Tukang Kayu	OH	7,200	37.500	270.000
	Kepala Tukang	OH	0,720	37.500	27.000
	Mandor	OH	0,120	36.000	4.320
Jumlah harga per satuan pekerjaan					6.913.070

Tabel 11 Memasang 1m<sup>2</sup> rangka atap genteng tanah liat

Kebutuhan		Satuan	Indeks	Harga sat.(Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	Balok Kayu	m <sup>3</sup>	0,014	3.480	48,72
	Reng(2x3)Cm	m <sup>3</sup>	0,036	3.480	125,28
	Paku 5cm dan 10 Cm	kg	0,250	8.250	2.062
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,100	30.000	3.000
	Tukang Kayu	OH	0,100	37.500	3.750
	Kepala Tukang	OH	0,010	37.500	375
	Mandor	OH	0,005	36.000	180
Jumlah harga per satuan pekerjaan					9.541

Tabel 12 Memasang 1m<sup>2</sup> rangka atap genteng beton

Kebutuhan		Satuan	Indeks	Harga sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	Balok Kayu	m <sup>3</sup>	0,014	3.480	48,72
	Reng(2x3)Cm	m <sup>3</sup>	0,057	3.480	198,36
	Paku 5cm dan 10 Cm	kg	0,250	8.250	2.062
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,100	30.000	3.000
	Tukang Kayu	OH	0,100	37.500	3.750
	Kepala Tukang	OH	0,010	37.500	375
	Mandor	OH	0,005	36.000	180
Jumlah harga per satuan pekerjaan					9.614

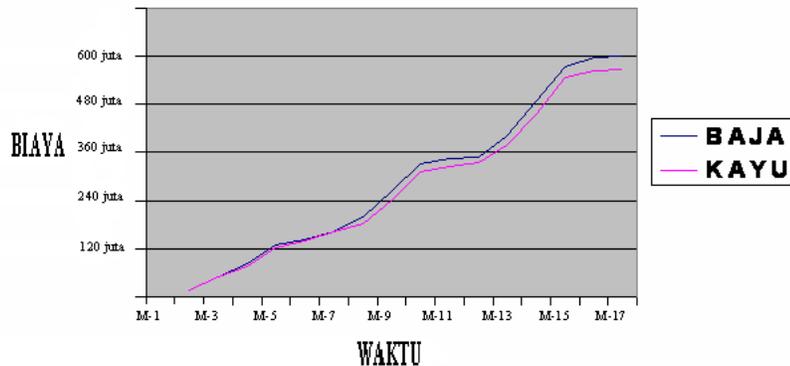
Berdasarkan data-data hasil dari perencanaan didapatkan volume pekerjaan dan dengan cara mengalikan dengan harga satuan pekerjaan maka didapat harga pekerjaan.

\*) Pekerjaan Kuda-kuda dengan jumlah seluruh kuda-kuda adalah 19 buah, Untuk satu kuda-kuda volumenya adalah 0,315 m<sup>3</sup>, sehingga untuk 19 buah kuda-kuda volumenya 5,975 m<sup>3</sup>. Untuk keperluan sambungan volume ditambah 10% menjadi 6,572 m<sup>3</sup>. Memasang 1m<sup>3</sup> kuda-kuda konvensional untuk kayu kelas kuat I dengan harga per satuan pekerjaan Rp 7.186.000,00 maka harga pekerjaan kuda-kuda adalah Rp 47.225.887,00

\*) Pekerjaan Memasang 1m<sup>3</sup> konstruksi gording harga per satuan pekerjaan adalah Rp 6.913.070,00. Volume pekerjaan untuk gedung 8,755 m<sup>3</sup> Untuk keperluan sambungan volume ditambah 10% menjadi 9,631 m<sup>3</sup>. Maka harga pekerjaan gording Rp 66.577.841,00

\*) Pekerjaan Memasang 1m<sup>2</sup> rangka atap genteng tanah liat Jumlah harga per satuan pekerjaan adalah Rp 9.541,00. volume pekerjaan untuk gedung 879,12 m<sup>2</sup>. Maka harga pekerjaan rangka atap genteng tanah liat Rp 8.387.684,00. Pekerjaan penutup atap genteng tanah liat Rp 26.519.534,00. Jumlah anggaran biaya pekerjaan atap dengan kuda-kuda kayu untuk penutup atap dari genteng tanah liat adalah Rp 122.191.412,69

\*) Pekerjaan Memasang  $1\text{m}^2$  rangka atap genteng beton. Jumlah harga per satuan pekerjaan adalah Rp 9.614,00. volume pekerjaan untuk gedung  $879,12\text{ m}^2$ . Maka harga pekerjaan rangka atap genteng beton Rp 8.451.860,00. Harga penutup atap genteng beton Rp 24.175.800,00. Jumlah anggaran biaya pekerjaan penutup atap genteng beton Rp 32.627.659,68. Jumlah anggaran biaya pekerjaan atap dengan kuda-kuda kayu untuk penutup atap dari genteng beton adalah Rp 122.255.588,45 Perbandingan pekerjaan atap dengan menggunakan kuda-kuda baja ringan dengan kayu, diperoleh selisih harga dalam tabel berikut :  
Perbedaan biaya dapat dilihat dalam grafik



Gambar 3 Grafik perbedaan biaya penggunaan kuda-kuda kayu dengan baja

## 6. KESIMPULAN

1. Anggaran biaya untuk pekerjaan atap dengan kuda-kuda dari kayu bengkirai mutu kayu A adalah Rp 113.803.728,77. Sedangkan anggaran biaya untuk pekerjaan kuda-kuda baja ringan yang terpasang Rp 114.285.600,00.
2. Selisih biaya antara penggunaan kuda-kuda kayu dengan kuda-kuda baja ringan adalah Rp 481.871,23. Prosentase selisih biaya terhadap nilai pekerjaan adalah 0,42 %. Perbedaan ini menjadi lebih besar ketika penggunaan penutup atap diperhitungkan karena struktur baja ringan menuntut material penutup atap yang ringan dengan harga yang lebih mahal.
3. Biaya setelah penutup atap diperitungkan untuk rangka atap dengan kuda-kuda baja ringan dengan penutup atap dari metal roof biaya mencapai Rp 186.373.440,00. Sedangkan rangka atap dengan kuda-kuda kayu untuk penggunaan genteng tanah liat mencapai biaya Rp 140.323.262,69 (prosentase selisih biaya = 24,7%) dan untuk penggunaan genteng beton mencapai biaya Rp 146.431.388,45 (prosentase selisih biaya = 21,4%)

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 1994, *Analisis Struktur II*, KMTS Fakultas Teknik UGM
- Kardiyono, 1991, *Bahan Konstruksi Teknik*, KMTS JTS UGM, Yogyakarta.
- Padosbajayo, 1994, *Pengetahuan Dasar Struktur Baja*, Padosbajayo, Yogyakarta.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, No : 17 Tahun 2007, Tentang *Standarisasi Harga Barang Dan Jasa (SHBJ)*
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1987
- Puspantoro, Benny. 1984. *Konstruksi Bangunan Gedung*, UAJY, Yogyakarta.
- RSNI3-3434. 2007, *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Kayu Untuk Konstruksi Bangunan Gedung Dan Perumahan.*
- SK SNI 03-2445.1991, *Spesifikasi Ukuran Kayu Untuk Bangunan Rumah Dan Gedung.*
- Sunggono, 1995, *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.
- Tjokrodihardjo, S., 1994, *Analisis Struktur IV*, KMTS Fakultas Teknik UGM.