

EFISIENSI MATERIAL STRUKTUR RANGKA ATAP DENGAN METODE AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)

Mohammad Djaelani, Dimas Satrio Utomo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya

Email: mohammaddjaelani@gmail.com

Abstrak :

Tujuan studi ini untuk mengukur efisiensi pembangunan perumahan dengan menggunakan material struktur rangka atap kayu, untuk mengukur efisiensi pembangunan perumahan dengan menggunakan material struktur rangka atap baja ringan, mengetahui metode AHP dan penggunaannya dalam dunia konstruksi, dan untuk mengetahui perbandingan efisiensi penggunaan material struktur rangka atap kayu dan baja ringan dengan metode AHP. Metode menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa (1) penggunaan material baja ringan dalam struktur atap lebih efisien daripada material kayu pada Perum Kebraon Regency Surabaya dengan nilai eigen vektor 0.443; (2) penggunaan material baja ringan unggul dari material kayu pada aspek *Strength*, *Time* dan *Personal*; dan (3) penggunaan material baja ringan berarti ikut dalam gerakan *go green* untuk menghindari eksploitasi kayu di Indonesia.

Kata Kunci : Efisiensi, Material, Struktur Atap dan Metode AHP.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan bidang konstruksi dewasa ini semakin hari semakin berkembang pesat. Hal ini dikarenakan oleh perkembangan teknologi yang juga semakin berkembang. Dalam bidang konstruksi, salah satu bagian yang turut tersentuh oleh perkembangan teknologi diantaranya adalah struktur rangka atap. Atap adalah bagian paling atas bangunan yang memberikan perlindungan bagian bawahnya terhadap cuaca, panas, hujan dan terik matahari. Fungsi rangka atap yang lebih spesifik adalah menerima beban oleh berat sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi, serta dapat berfungsi untuk menahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal (Hartono et al., 2016; Mehta, 1986; Murdock & Brook, 1999).

Pada sebuah bangunan, bila dahulu struktur rangka atapnya adalah berbahan dari material kayu, namun tidak dengan saat ini. Seiring dengan perkembangan teknologi digunakanlah material baja ringan sebagai bahan struktur rangka atap. Perkembangan baja ringan pada bidang konstruksi sebagai struktur rangka atap sebenarnya sudah lama dilakukan oleh para ahli konstruksi, akan tetapi banyak masyarakat yang belum mengenal atau belum mengetahui apakah struktur konstruksi baja ringan mempunyai sifat lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan bahan dasar rangka kayu sebagai penopang konstruksi atap rumah (IRIANTO, 2012). Selanjutnya, dengan keadaan yang demikian, para pelaku industri konstruksi bangunan rumah kemudian menjadi mulai kritis untuk membandingkan material yang akan digunakan untuk struktur rangka atap.

Selain dari pemilihan material untuk struktur rangka atap, menurut Sherly Anggung Rahayu dan Donny Fransiskus Manalu, hal lain yang harus menjadi pertimbangan adalah keekonomisan dalam segi biaya, waktu pengerjaan serta kualitas material (mutu) (Rahayu & Manalu, 2015).

Selain itu, kelebihan dan kekurangan dari masing-masing material juga sangatlah penting untuk diperhatikan. Kayu sebagai memiliki beberapa keuntungan, antara lain bahan yang mudah didapat, serta kayu memiliki kemudahan dalam pengerjaannya sebagai struktur rangka atap untuk menjadi alternatif lain dari struktur rangka baja yang memiliki kesulitan dalam pengerjaannya serta harganya yang relatif tinggi. Di samping beberapa keuntungan tersebut, saat ini oleh karena pemerintah melakukan penertiban penebangan kayu liar (*illegal logging*), maka kini sebagai dampaknya adalah harga kayu mulai melambung tinggi di pasaran (IRIANTO, 2012). Selanjutnya, untuk kelebihan untuk rangka atap baja ringan, diantaranya yaitu tahan terhadap cuaca dan rayap, baja ringan juga lebih efisien dan lebih praktis, dapat menghemat biaya perawatan, tidak berkarat, kuat dan tahan lama hingga puluhan tahun, dan tentu saja meskipun ringan tetapi kokoh dan kuat asalkan teknik pengerjaannya benar dan tepat sesuai standar teknisnya (Nugroho, 2015).

Antara material kayu dan baja ringan sama-sama mempunyai kelebihan masing-masing dalam penggunaannya sebagai struktur rangka atap, maka dalam melakukan pemilihan ini para pelaku konstruksi dapat menentukan suatu metode pemilihan berdasarkan kriteria-kriteria tertentu yang telah ditetapkan. Sehingga, nantinya para pelaku konstruksi dapat menentukan pilihan material struktur rangka atap yang lebih efisien. dan adapun metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti melakukan penelitian dengan judul “Efisiensi Material Struktur Rangka Atap dengan Metode AHP”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Efisiensi

Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara keluaran (*output*) dengan masukan (*input*), atau jumlah yang dihasilkan dari satu input yang dipergunakan. Suatu perusahaan dapat dikatakan efisiensi apabila mempergunakan jumlah unit yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan jumlah unit *input* yang dipergunakan perusahaan lain untuk menghasilkan output yang sama, atau menggunakan unit *input* yang sama, dapat menghasilkan jumlah *output* yang lebih besar (Suseno, 2008).

Menurut Slichter dalam Sarwoto (2014), ada 3 macam efisiensi, yaitu sebagai berikut :

1. *Engineering / Physical Efficiency*
Merupakan perbandingan antara jumlah satuan benda yang dipergunakan dengan benda yang dihasilkan.
2. *Business Efficiency*
Merupakan perbandingan antara biaya yang dikeluarkan dengan penghasilan yang masuk.
3. *Social Efficiency*
Merupakan perbandingan antara pengorbanan-pengorbanan manusia dengan kepuasan atau kemanfaatan bagi manusia yang dapat dinikmati.

2.1.1. Proyek

Menurut Abrar Husen, proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia material, peralatan, dan modal atau biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan. Selanjutnya menurut Munawaroh dalam Dannyanti, E (2010), proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia (Husen, 2010).

Menurut Dannyanti (2010), ciri-ciri proyek antara lain :

1. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
2. Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek.

3. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaranbiaya, dan mutu hasil akhir.
4. Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang.
5. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

Selanjutnya, terdapat tahapan kegiatan utama yang dilakukan dalam siklus hidup proyek yaitu:

1. Tahap Inisiasi
2. Tahap Perencanaan
3. Tahap Eksekusi (Pelaksanaan proyek)
4. Tahap Penutupan
5. Organisasi proyek. Tahap ini merupakan tahapan sebuah proyek sebelum kemudian ditutup (penyelesaian). Meskipun demikian, tidak semua proyek akan melalui setiap tahap, artinya proyek dapat dihentikan sebelummencapai penyelesaian. Beberapa proyek tidak mengikuti perencanaanterstruktur atau proses pemantauan. Beberapa proyek akan melalui langkah 2, 3, dan 4 beberapa kali.

2.2. Atap

Atap adalah bagian paling atas bangunan yang memberikan perlindungan bagian bawahnya terhadap cuaca, panas, hujan dan terik matahari. Fungsi rangka atap yang lebih spesifik adalah menerima beban oleh berat sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi, serta dapat berfungsi untuk menahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal (Hartono et al., 2016). Atap berfungsi sebagai bagian dari keindahan dan pelindung bangunan dari panas dan hujan, sehingga memberikan kenyamanan bagi pengguna bangunan. Kemiringan untuk genteng kemiringan minimal 35° dan maksimal 65° , kalau atap menggunakan seng atau alumunium kemiringannya $18-20^{\circ}$.

Atap dan bagian-bagiannya secara umum adalah sebagai berikut : Jurai dalam, Jurai luar, Bubungan (nok), Gording, Kasau, Reng

Adapun komponen penyusun atap terdiri dari tiga komponen, yaitu: (1) Struktur atap (rangka atap dan penopang rangka atap), (2) Penutup atap (genteng, polikarbonat), (3) Pelengkap atap (talang horizontal/vertikal dan lisplang). Elemen pelengkap pada atap selain berfungsi struktural juga estetis, yaitu terdiri dari talang dan lisplang.

2.3. Struktur Rangka Atap

Struktur rangka atap adalah salah satu bagian penting dalam konstruksi bangunan Royani dalam Andry Sucipta, dkk, menyatakan bahwa struktur atap adalah bagian bangunan yang menahan atau mengalirkan benda-benda dari atap. Struktur atap dibagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Berdasarkan posisi inilah maka muncul istilah gording, kaso, dan reng (Sucipta et al., 2013).

2.4. Rangka Atap Kayu

Konstruksi rangka atap kayu adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai penahan beban penutup atap, yang melindungi penghuni rumah dari panas matahari, angin dan air hujan, yang strukturnya terbuat dari rangka kayu. Kayu mempunyai kekuatan yang tinggi dan berat yang rendah, mempunyai daya penahan tinggi terhadap pengaruh kimia dan listrik, dapat mudah dikerjakan, dapat mudah diganti dan bisa didapat dalam waktu singkat (I Gusti Ayu Istri Lestari, 2012: 97).



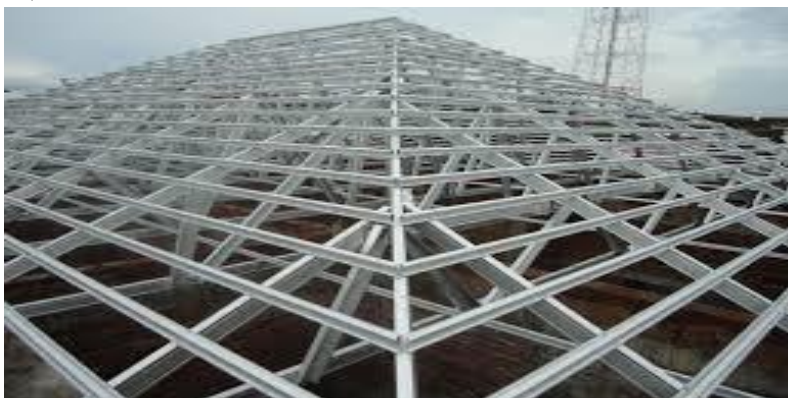
Gambar.1 Rangka Atap Kayu

Tabel 1 Spesifikasi Kayu

Bahan Dasar	1. Kayu Mahoni 2. Kayu Kelapa	Detail Bahan yang di Perlukan
		Kayu 8/12 x 400 cm
		Kayu 4/12 x 400 cm
		Kayu 6/10 x 400 cm
		Kayu 5/7 x 400 cm
		Kayu 3/4 x 400 cm
		Kayu 3/25 x 400 cm
		Paku

2.5.Rangka Atap Baja Ringan

Konstruksi rangka atap baja ringan adalah konstruksi atap yang strukturnya tidak jauh berbeda dengan konstruksi rangka atap kayu, hanya saja bahan pembuatnya dari bahan baja ringan atau sering disebut truss (Sherly Anggun Rahayu dan Donny Fransiskus Manalu, 2015 : 118). Sejak tahun 2000, material baja ringan digunakan sebagai rangka atap mulai dikenal di Indonesia. Teknologi itu sendiri berasal dari Australia sejak 20 tahun sebelumnya dan sudah menjadi material umum untuk struktur rangka atap. Di tahun 2005 penggunaan material rangka atap baja ringan mulai banyak diminati, karena mulai langkahnya material kayu dan ketertarikan masyarakat akan keunggulan-keunggulan yang ditawarkan oleh material baja ringan (Irianto, 2012).



Gambar 2. Rangka Atap Baja Ringan

Adapun spesifikasi baja ringan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Baja Ringan/Truss

Bahan Dasar	Zinc (Zn), Alumunium (Al), Timah hitam (Pb), dan Besi (Fe)	Detail Bahan yang di Perlukan
Jenis Ketebalan	C 75.100 = 1 mm (Bottom Chord & Top Chord) C 75.75 = 0,75 mm (Web)	K1 : C 75 – 0.8 C 75 – 0.75 Baut 12 – 14 x 50 HEX Bracket L dan Baut Dyna Bolt 14 mm
Lebar yang tersedia	55% Al 43,5% Zinc 1,5% Si	K2 : C 75 – 0.8 C 75 – 0.75 Baut 12 – 14 x 50 HEX Bracket L dan Baut Dyna Bolt 14 mm
Komposisi Bahan	Aluminium 99% dan 1% campuran (tergantung tipe logam campuran)	Roof Batten / reng : Top Span 40 x 30 x 80 mm
Berat	Main Truss (C 75.100) = 1,295 kg/rn Main Truss (C 75.75) = 0,987 kg /m Reng (U Type) 0,6 TCT = 0,7 17 kg /rn Talang Dalam (Valley Gutter) = 1,23 kg	

3. METODE PENELITIAN

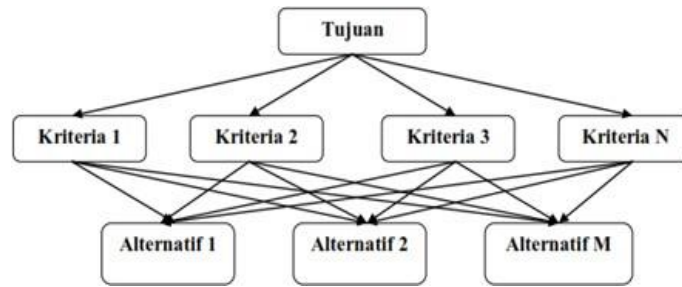
3.1. Metode Pendekatan

Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Pada dasarnya, AHP merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur kedalam kelompok-kelompoknya, dengan mengatur kelompok tersebut ke dalam suatu hierarki, kemudian memasukkan nilai numerik sebagai pengganti persepsi manusia dalam melakukan perbandingan relatif. Dengan suatu sintesa maka akan dapat ditentukan elemen mana yang mempunyai prioritas tertinggi (Widi Hartono, dkk, 2016 : 493).

Menurut Sri Mulyono (2007: 220), ada beberapa prinsip yang harus dipahami dalam menyelesaikan persoalan dengan AHP, diantaranya adalah sebagai berikut :

3.1.1 Decomposition

Setelah didefinisikan, maka perlu dilakukan *decomposition* yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsurnya sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini, maka proses analisis ini dinamakan hirarki (*hierarchy*).



Gambar 2 Struktur Hirarki AHP

3.1.2 Comparative Judgement

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini akan tampak lebih baik bila disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks *pairwise comparison*.

Dalam penyusunan skala kepentingan ini, digunakan acuan seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Skala prioritas dalam AHP

Nilai Numerik	Tingkat Kepentingan (<i>Preference</i>)
1	Sama pentingnya (<i>Equal Importance</i>)
2	Sama hingga Sedikit Lebih penting
3	Sedikit Lebih penting (<i>Slightly more Importance</i>)
4	Sedikit Lebih hingga Jelas lebih penting
5	Jelas lebih penting (<i>Materially more Importance</i>)
6	Jelas hingga Sangat jelas lebih penting
7	Sangat jelas lebih penting (<i>Significantly more</i>)
8	Sangat jelas hingga Mutlak lebih penting
9	Mutlak lebih penting (<i>Absolutely more</i>)

Dalam penilaian kepentingan relatif dua elemen berlaku aksioma *reciprocal* artinya jika elemen *i* dinilai 3 kali lebih penting daripada *j*, maka elemen *j* harus sama dengan $1/3$ kali pentingnya dibanding elemen *i*. Disamping itu perbandingan dua elemen yang sama akan menghasilkan angka 1, artinya sama pentingnya.

3.1.3 Synthesis of Priority

Dari setiap *pairwise comparison* kemudian dicari *eigen vector*-nya untuk mendapatkan *local priority*. Karena matriks *pairwise comparison* terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapat *global priority* harus dilakukan sintesa diantara *local priority*. Prosedur melakukan sintesis berbeda menurut bentuk hirarki. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesa dinamakan *priority setting*.

3.1.4 Logical Consistency

Konsistensi memiliki dua makna. Pertama adalah bahwa objek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi. Kedua adalah menyangkut tingkat hubungan antara objek-objek yang didasarkan pada kriteria tertentu. Layaknya sebuah metode analisis, AHP pun memiliki kelebihan dan kelemahan dalam sistem analisisnya.

Kelebihan-kelebihan analisis ini adalah : Kesatuan (*Unity*), Kompleksitas (*Complexity*), Saling ketergantungan (*Inter Dependence*), Struktur Hirarki (*Hierarchy Structuring*), Pengukuran (*Measurement*), Konsistensi (*Consistency*), Sintesis (*Synthesis*), *Trade Off*, Penilaian dan Konsensus (*Judgement and Consensus*), Pengulangan Proses (*Process Repetition*)

3.2. Software yang Digunakan

Adapun *software* yang digunakan untuk mengolah data memecahkan masalah keputusan dengan AHP pada penelitian ini adalah *software expert choice*. Dalam penggunaan perangkat lunak *Expert Choice* ini ada beberapa tahap utama yang perlu dilakukan, yaitu (Sri Hartati dan Adi Nugroho, 2012 : 639) :

1. Melakukan penstrukturan keputusan dalam bentuk model hierarki.
2. Melakukan pengaturan-pengaturan yang diperlukan untuk perbandingan berpasangan.
3. Melakukan impor data untuk *Expert Choice* dari basis data eksternal (jika ada).
4. Melakukan perbandingan berpasangan untuk kriteria-kriteria (dan sub-subkriteria) yang penting untuk pengambilan keputusan.
5. Melakukan sintesis untuk menentukan alternatif keputusan yang terbaik).
6. Melakukan analisa kepekaan (*sensitivity analysis*).
7. Melakukan ekspor data ke basis data eksternal (jika diperlukan).

3.3. Analisis Efisiensi Dengan Metode AHP

Dalam menyelesaikan persoalan dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), pertama-tama adalah memecahkan atau membagi problema yang utuh menjadi unsur-unsurnya ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Bentuk strukturnya yakni :

Tingkat pertama : Tujuan keputusan (*Goal*)

Tingkat kedua : Kriteria-kriteria

Tingkat ketiga : Alternatif-alternatif

Model AHP didasarkan pada *pair-wise comparison matrix*, dimana elemen-elemen pada matriks tersebut merupakan *judgement* dari *decision maker*. Seorang *decision maker* akan memberikan penilaian, mempersepsikan, ataupun memperkirakan kemungkinan dari suatu hal/peristiwa yang dihadapi. Matriks tersebut terdapat pada setiap *level of hierarchy* dari suatu struktur model AHP yang membagi habis suatu persoalan.

Berikut ini contoh suatu *Pair-Wise Comparison Matrix* pada suatu *level of hierarchy*, yaitu :

E F G H

$$A = \begin{matrix} E \\ F \\ G \\ H \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 5 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1/6 \\ 1/6 & 5 & 1 & 4 \\ 1/7 & 6 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

Baris 1 kolom 2 : jika E dibandingkan dengan F, maka E lebih penting/disukai/dimungkinkan dari pada F, yaitu sebesar 5, artinya : **E essential** atau **strong importance dari pada F**, dan seterusnya.

Penerapan model AHP dalam menganalisis efisiensi material struktur rangka atap kayu dan baja ringan adalah sebagai berikut :

- Dilakukan pembobotan kriteria dengan skala saaty (1-9) antara setiap kriteria dengan perbandingan pasangan dari hierarki yang dicerminkan ke dalam matrik dimana hasilnya di simbolkan dengan W1. Adapun kriteria-kriteria yang digunakan yaitu meliputi kriteria waktu, biaya, dan kekuatan.
- *Eigen vector* dari matriks tersebut adalah skala rasio prioritas lokal yang dicari, Kalikan matriks pangkat dua, Jumlahkan tiap barisnya, dan kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan *eigenvector*; Ulangi langkah tersebut, dan berhenti jika selisih antara *eigenvector* baru dan sebelumnya lebih kecil dari angka tertentu.
- Matriks dari prioritas lokal dikalikan dengan rankingnya menghasilkan prioritas global.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Goal Penelitian

Dalam sistem pendukung keputusan dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) langkah pertama adalah menentukan *goal* yang ingin dicapai dari pengambilan keputusan. Dalam hal ini *goal* yang ingin dicapai oleh peneliti adalah Bahan material Terefisien untuk rangkaatap bangunan pada obyek penelitian yakni Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya.

4.2. Kategori Penelitian

Dalam penelitian ini ditentukan kategori penelitian untuk dibandingkan yakni rangka atap bangunan dengan material baja ringan dan material rangka atap berbahan kayu. Untuk material kayu ada dua jenis kayu yang digunakan yakni kayu Kelapa dan kayu Mahoni. Sehingga Analisa penelitian ini adalah alternatif material terbaik atau paling efisien antara material baja ringan, kayu Kelapa dan kayu Mahoni berdasarkan peringkat dari yang tertinggi sampai yang terendah untuk struktur kontruksi atap pada pembangunan Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya.

4.3. Kriteria Pengukuran

Dari studi literatur dan hasil pengamatan langsung di lapangan, peneliti mendapatkan lima aspek pengukuran efisiensi struktur rangka atap yang dijadikan kriteria untuk dijadikan tolak ukur yakni unit Berat Material (*Weight*) sebagai kriteria 1, kekuatan (*Strength*) sebagai kriteria 2, banyaknya pekerja (*Personal*) sebagai kriteria 3, desain sebagai kriteria 4, durasi pengerjaan (*Time*) sebagai kriteria 5 dan biaya (*Cost*) sebagai kriteria 6

4.3.1. Kriteria 1 Berat Material (*Weight*)

Berat material (*Weight*) adalah bobot dari material rangka atap tersebut. Bobot yang ringan bisa dikatakan lebih baik karena beban terhadap rumah akan berkurang. Baja ringan rata-rata beratnya sekitar 9-10 kg/m². Sementara kuda-kuda kayu rata-rata beratnya kurang lebih 15- 18 kg/m².

4.3.2. Kriteria 2 Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan (*Strength*) yakni bagaimana material tahan terhadap segala keadaan berupa iklim atau cuaca dan juga umur dari material tersebut. Konstruksi baja ringan sudah mengalami uji coba dan penelitian yang dilakukan oleh para ahli bertahun-tahun dan telah lolos uji kekuatan serta lolos pengujian hal-hal lainnya yang berhubungan dengankeselamatan manusia. Jika kita perbandingan dengan struktur atapidengan bahan dasar kayu, maka penggunaan rangka atap baja ringan akan mempunyai perbandingan yang berbeda dari segi cara pandang setiap penggunaannya, mungkin bisa dikatakan tergantung akan lokasi dan iklim daerah tersebut. Kelemahan atap baja ringan dibandingkan dengan konstruksi atap kayu seperti dalam hal terhadap suhu yang cenderung menyerap panas lebih banyak dibandingkan dengan kayudan hal itu juga bergantung terhadap lokasi rumah, yaitu pada daerah iklim tropis atau bukan tropis.

4.3.3. Kriteria 3 Jumlah Pekerja (*Personal*)

Jumlah Pekerja (*Personal*) adalah banyaknya pekerja yang dibutuhkan dalam pemasangan struktur atap perumahan. Untuk masing-masing struktur dengan material yang berbeda dibutuhkan jumlah pekerja yang berbeda pula.

4.3.4. Kriteria 4 Desain

Desain adalah berkaitan dengan estetika arsitektur rangka atap. Seberapa menarik jika menggunakan baham material tersebut. Desain berkaitan dengan tipe pembangunan rumah yang direncanakan.

4.3.5. Kriteria 5 Durasi Pengerjaan (*Time*)

Durasi pengerjaan adalah lamanya waktu pengerjaan untuk membangunstruktur rangka atap dalam hitungan hari atau bulan. Durasi pekerjaan dipengaruhi oleh kemampuan kerja dalam membangun struktur atap dengan bahan material yang ada. Semakin lama durasi kerjanya semakin bertambah biaya pengerjaan dan dapat mengganggu rencana kerja.

4.3.6. Kriteria 6 Biaya (*Cost*)

Cost atau biaya adalah semua pengorbanan yang perlu dilakukan untuk suatu proses produksi dalam hal ini proses pengerjaan struktur rangka atap, yang dinyatakan dengan satuan uang menurut harga pasar yang berlaku, baik yang sudah terjadi maupun yang akan terjadi. Biaya tersebut meliputi harga material dan biaya pengerjaan.

4.4. Pembobotan Kriteria

Langkah selanjutnya dalam metode AHP adalah pembobotan kriteria. Dalam melakukan pembobotan, setiap kriteria yang ditentukan diberikan bobot tertentu dengan cara membandingkan tingkat kepentingan dari setiap kriteria dalam tingkatan yang sama. Bila hal tersebut dilakukan hingga tingkat yang terakhir maka akan didapat bobot dari setiap kriteria tersebut. Selanjutnya dengan membandingkan tingkat kepentingan dari pilihan yang ada terhadap setiap kriteria, maka akan didapat nilai kuantitatif dari setiap pilihan yang mencerminkan tingkat kualitas pilihan. Untuk menentukan bobot dari dua kriteria atau lebih yang ada pada satu tingkat yang sama, dilakukan perbandingan antar kriteria tersebut, hal ini kita kenal dengan istilah *pairwise comparisson*. Biasanya angka yang digunakan untuk membandingkan tersebut berkisar dari 1 sampai 9.

Proses pembandingan dapat dikemukakan dengan penyusunan skala variabel. Dua elemen yang sama penting akan menghasilkan angka 1, sedangkan pada dua elemen akan berlaku *aksioma reciprocal*, artinya "jika elemen i dinilai 2 kali lebih penting daripada elemen j, maka elemen j akan dinilai sebaliknya daripada elemen i, yaitu $\frac{1}{2}$ ". Jika terdapat 10 elemen, maka akan diperoleh matriks *pairwise comparison* berukuran 10×10 . Jadi jika terdapat n elemen, maka akan diperoleh *matriks pairwise comparison* berukuran $n \times n$. Dalam menentukan aspek-aspek efisiensi struktur rangka atap didapatkan 6 elemen atau 6 kriteria yang menentukan. Maka akan diperoleh matriks *pairwise comparison* berukuran 6×6 .

Penentuan bobot kepentingan antar kriteria di nilai oleh Ahli yang berpengalaman dan mengerti benar tentang kriteria ini yakni mengerti dengandetail kontruksi struktur atap pada pembangunan rumah di Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya beserta hubungannya dengan material struktur atap. Berdasarkan keterangan dari beberapa ahli tersebut didapatkan data sebagai berikut :

1. Elemen *Strength* 2 kali lebih penting dari elemen Desain.
2. Elemen *Strength* 2 kali lebih penting dari elemen *Time*.
3. Elemen *Strength* 4 kali lebih penting dari elemen *Cost*.
4. Elemen *Strength* 4 kali lebih penting dari elemen *Weight*.
5. Elemen *Strength* 8 kali lebih penting dari elemen Personal.
6. Elemen Desain sama penting dengan elemen *Time*.
7. Elemen Desain 2 kali lebih penting dari elemen *Cost*.
8. Elemen Desain 2 kali lebih penting dari elemen *Weight*.
9. Elemen Desain 4 kali lebih penting dari elemen Personal
10. Elemen *Time* 2 kali lebih penting dari elemen *Cost*.
11. Elemen *Time* 2 kali lebih penting dari elemen *Weight*.
12. Elemen *Time* 4 kali lebih penting dari elemen Personal.
13. Elemen *Cost* sama penting dengan elemen *Weight*.
14. Elemen *Cost* 2 kali lebih penting dari elemen Personal.
15. Elemen *Weight* 2 kali lebih penting dari elemen Personal.

Dari data tersebut diatas maka akan berlaku *aksioma reciproca*, yaituterjadi nilai elemen sebaliknya sebagai berikut :

1. Elemen Desain terhadap elemen *Strength* bernilai $\frac{1}{2}$
2. Elemen *Time* terhadap elemen *Strength* bernilai $\frac{1}{2}$
3. Elemen *Cost* terhadap elemen *Strength* bernilai $\frac{1}{4}$
4. Elemen *Weight* terhadap elemen *Strength* bernilai $\frac{1}{4}$
5. Elemen Personal terhadap elemen *Strength* bernilai $\frac{1}{8}$
6. Elemen *Time* terhadap elemen Desain bernilai $\frac{1}{1}$
7. Elemen *Cost* terhadap elemen Desain bernilai $\frac{1}{2}$
8. Elemen *Weight* terhadap elemen Desain bernilai $\frac{1}{2}$
9. Elemen Personal terhadap elemen Desain bernilai $\frac{1}{4}$
10. Elemen *Cost* terhadap elemen *Time* bernilai $\frac{1}{2}$
11. Elemen *Weight* terhadap elemen *Time* bernilai $\frac{1}{2}$
12. Elemen Personal terhadap elemen *Time* bernilai $\frac{1}{4}$
13. Elemen *Weight* terhadap elemen *Cost* bernilai $\frac{1}{1}$
14. Elemen Personal terhadap elemen *Cost* bernilai $\frac{1}{2}$
15. Elemen Personal terhadap elemen *Weight* bernilai $\frac{1}{2}$

Dari pembandingan diatas dapat disimpulkan untuk bobot masing-masing kriteria adalah :

Strength = 8
 Desain = 4

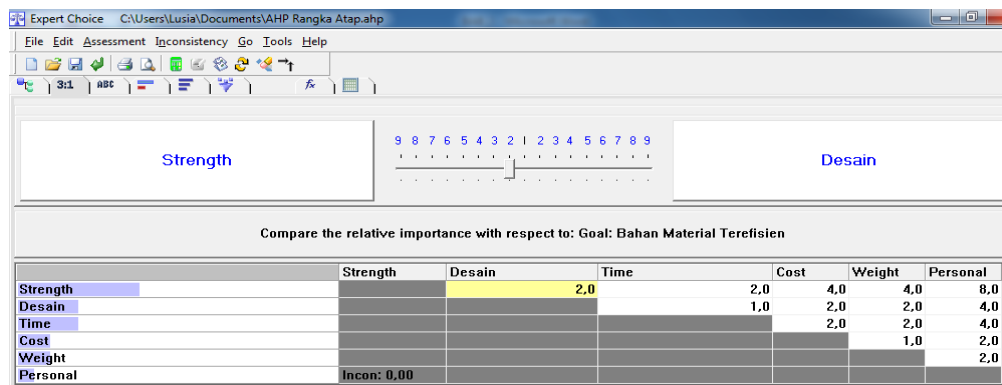
Time = 4
Cost = 2
Weight = 2
 Personal = 1

Bobot kriteria tersebut juga dapat digambarkan dengan matriks pairwise comparison berukuran 6 x 6 seperti dibawah ini.

Tabel 4. *Matrix Pairwise Comparison* Kriteria

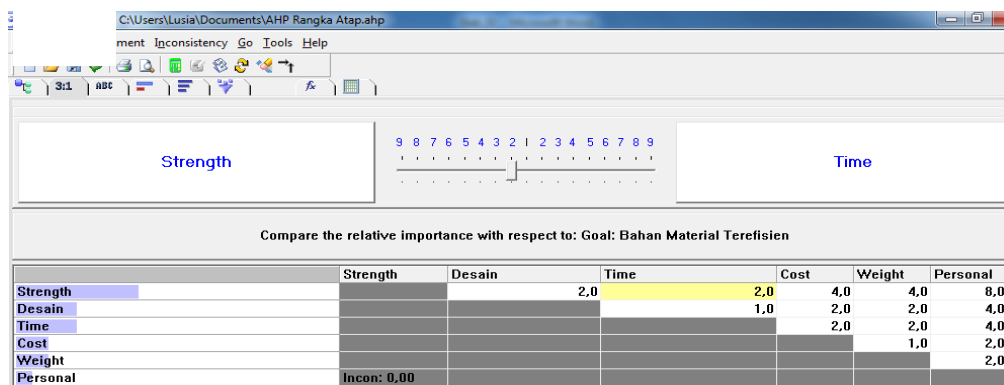
	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength		2	2	4	4	8
Desain	1/2		1	2	2	4
Time	1/2	1		2	2	4
Cost	1/4	1/2	1/2		1	2
Weight	1/4	1/2	1/2	1		2
Personal	1/8	1/4	1/4	1/2	1/2	

Pembobotan kriteria diatas juga dapat digambarkan dengan menggunakan Software AHP dalam hal ini penulis menggunakan *Software Expert Choice* versi 11. Penentuan pembobotan strength terhadap desain dimana strength bobotnya dua kali lebih penting dari desain pada software expert choice 11 dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3 Pembobotan *Strength* Terhadap *Desain*

Penentuan pembobotan *Strength* terhadap *Time* dimana strength bobotnya 2 kali lebih penting dari time pada *Software Expert Choice* 11 sdapat dilihat pada gambar 4. berikut.



Gambar 4. Pembobotan *Strength* Terhadap *Time*

Penentuan pembobotan *Strength* terhadap *Cost* dimana elemen *Strength* bobotnya 4 kali lebih penting dari elemen *Cost* pada *Software ExpertChoice 11* dapat dilihat pada gambar 5 berikut.

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength				2,0	4,0	4,0
Desain			2,0	1,0	2,0	2,0
Time				2,0	2,0	4,0
Cost					1,0	2,0
Weight						2,0
Personal						
Incon: 0,00						

Gambar 5 Pembobotan *Strength* Terhadap *Cost*

Penentuan pembobotan *Strength* terhadap *Weight* dimana *Strength* bobotnya 4 kali lebih penting dari *Weight* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 6 berikut.

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength				2,0	4,0	8,0
Desain			2,0	1,0	2,0	4,0
Time				2,0	2,0	4,0
Cost					1,0	2,0
Weight						2,0
Personal						
Incon: 0,00						

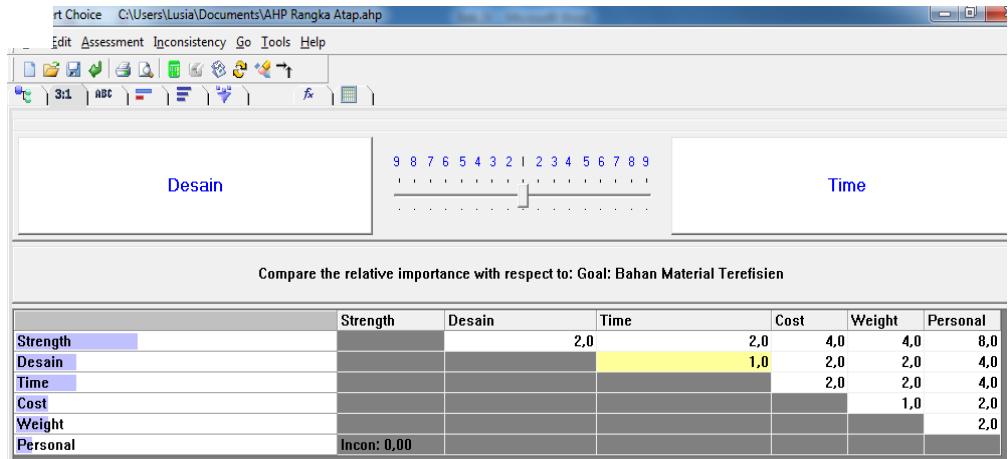
Gambar 6 Pembobotan *Strength* Terhadap *Weight*

Penentuan pembobotan *Strength* terhadap *Personal* dimana *Strength* bobotnya 8 kali lebih penting dari *Personal* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 7 berikut.

Gambar 7 Pembobotan *Strength* Terhadap *Personal*

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength				2,0	4,0	8,0
Desain			2,0	1,0	2,0	4,0
Time				2,0	2,0	4,0
Cost					1,0	2,0
Weight						2,0
Personal						
Incon: 0,00						

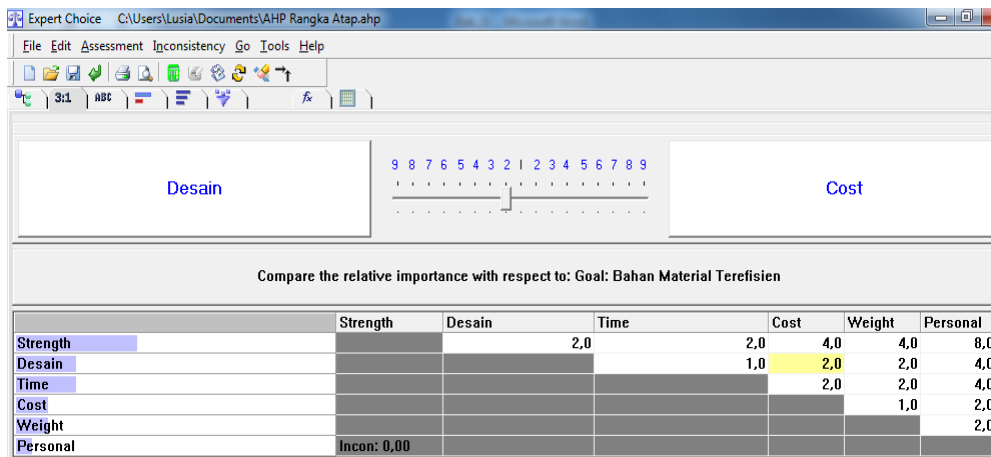
Penentuan pembobotan *Desain* terhadap *Time* dimana elemen *Desain* bobotnya sama penting dengan elemen *Time* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



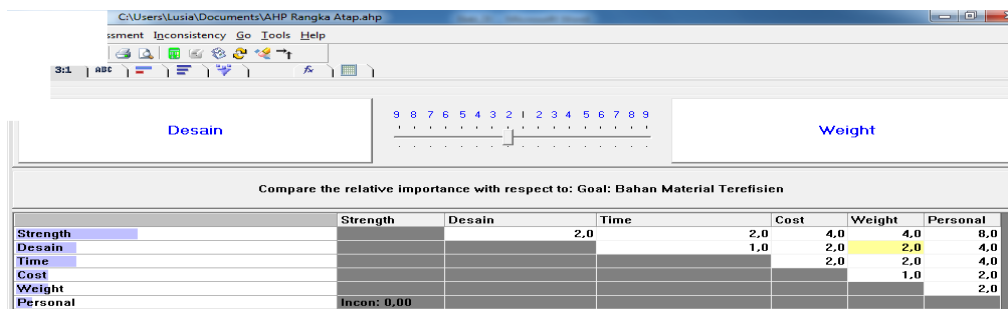
Gambar 8 Pembobotan Desain Terhadap Time

Penentuan pembobotan Desain terhadap Cost dimana Desain bobotnya 2 kali lebih penting dari Cost pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 9 berikut.

Gambar 9 Pembobotan Desain Terhadap Cost



Penentuan pembobotan Desain terhadap Weight dimana Desain bobotnya 2 kali lebih penting dari Wight pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Pembobotan Desain Terhadap Weight

Penentuan pembobotan Desain terhadap Personal dimana Desain bobotnya 4 kali lebih penting dari Personal pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 10 berikut.

Compare the relative importance with respect to: Goal: Bahan Material Terefisien

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength						
Desain			2,0	2,0	4,0	4,0
Time				1,0	2,0	2,0
Cost						1,0
Weight						
Personal						
Incon: 0,00						

Gambar 10 Pembobotan Desain Terhadap Personal

Penentuan pembobotan Time terhadap Cost dimana Time bobotnya 2 kali lebih penting dari Cost pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 11 berikut.

Compare the relative importance with respect to: Goal: Bahan Material Terefisien

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength						
Desain			2,0	2,0	4,0	4,0
Time				1,0	2,0	2,0
Cost						1,0
Weight						
Personal						
Incon: 0,00						

Gambar 11 Pembobotan Time Terhadap Cost

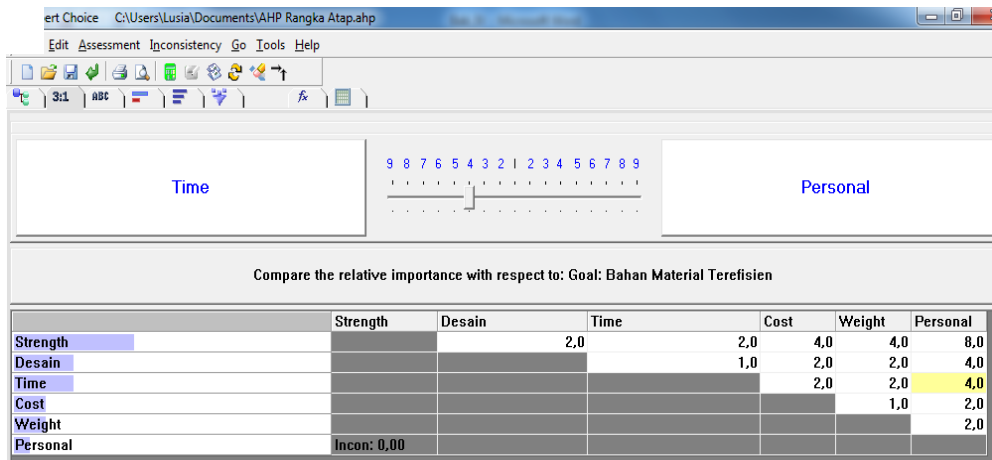
Penentuan pembobotan Time terhadap Weight dimana Time bobotnya 2 kali lebih penting dari Weight pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 12 berikut.

Compare the relative importance with respect to: Goal: Bahan Material Terefisien

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength						
Desain			2,0	2,0	4,0	4,0
Time				1,0	2,0	2,0
Cost						1,0
Weight						
Personal						
Incon: 0,00						

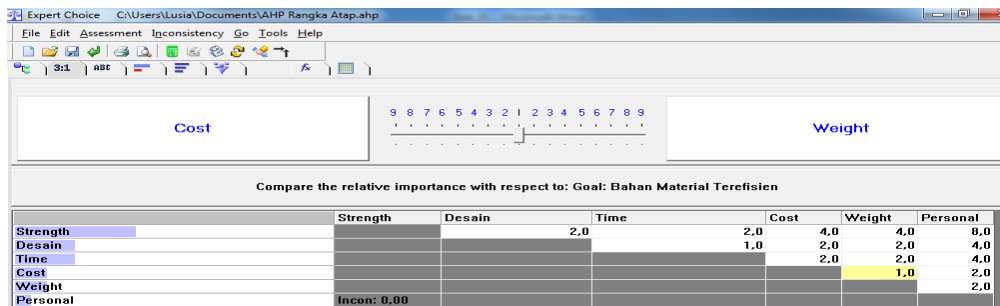
Gambar 12 Pembobotan Time Terhadap Weight

Penentuan pembobotan *Time* terhadap *Personal* dimana *Time* bobotnya 4 kali lebih penting dari *Personal* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 13 berikut.



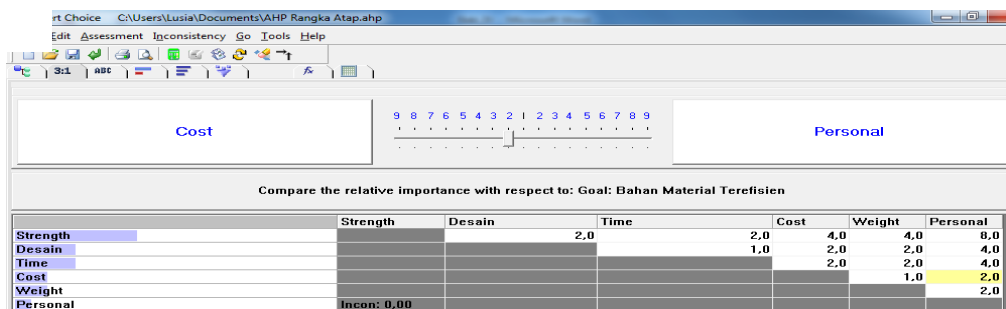
Gambar 13 Pembobotan *Time* Terhadap *Personal*

Penentuan pembobotan *Cost* terhadap *Weight* dimana *Cost* bobotnya Sama penting dari *Weight* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 14 berikut.



Gambar 14 Pembobotan *Cost* Terhadap *Weight*

Penentuan pembobotan *Cost* terhadap *Personal* dimana *Cost* bobotnya 2 kali lebih penting dari *Personal* pada *Software Expert Choice 11* dapat dilihat pada gambar 15 berikut.



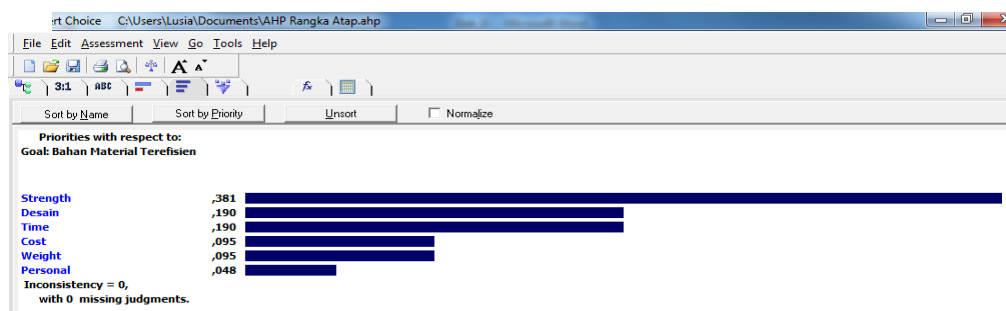
Gambar 15 Pembobotan *Cost* Terhadap *Personal*

Penentuan pembobotan *Weight* terhadap Personal dimana *Weight* bobotnya dua kali lebih penting dari Personal pada *Software Expert Choice*11 dapat dilihat pada gambar 16 berikut.

	Strength	Desain	Time	Cost	Weight	Personal
Strength	1.0	2.0	2.0	4.0	4.0	8.0
Desain	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0
Time	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0
Cost	0.25	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0
Weight	0.25	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0
Personal	0.125	0.25	0.25	0.5	0.5	1.0

Gambar 16 Pembobotan *Weight* Terhadap Personal

Setelah pembobotan kriteria selesai dilakukan maka akan didapat hasil *eigen vector* dari kriteria-kriteria tersebut diatas dengan menggunakan *Software Expert Choice* 11 seperti pada gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17 *Eigen Vector* Kriteria

Dari hasil perhitungan bobot dan data diolah dengan menggunakan *Software Expert Choice* 11 didapatkan hasil *eigen vector* untuk elemen *Strength* senilai 0.381, untuk elemen *Desain* bernilai 0.190, untuk elemen *Time* bernilai 0.190, untuk elemen *Cost* bernilai 0.095, untuk elemen *Weight* bernilai 0,095 dan untuk elemen *Personal* bernilai 0.048. Nilai *inconsistency* adalah 0, ini berarti perbedaan nilai *eigen vector* tidak signifikan atau data dianggap valid.

4.5. Alternatif Pemilihan Material Struktur Rangka Atap

Pembangunan perumahan pada Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya dalam struktur rangka atap memiliki alternatif material yang masing-masing punya kelebihan dan kekurangan. Ketiga alternatif tersebut adalah matrial baja ringan, material kayu kelapa, dan material kayu mahoni

4.6. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif dengan Kriteria

Setelah dilakukan pembobotan terhadap kriteria selanjutnya turun ke level hirarki di bawahnya, yaitu melakukan perbandingan berpasangan pada ketiga Alternative material rangka atap yang dipilih berdasarkan ke Enam kriteria yang berada pada level hirarki di atasnya.

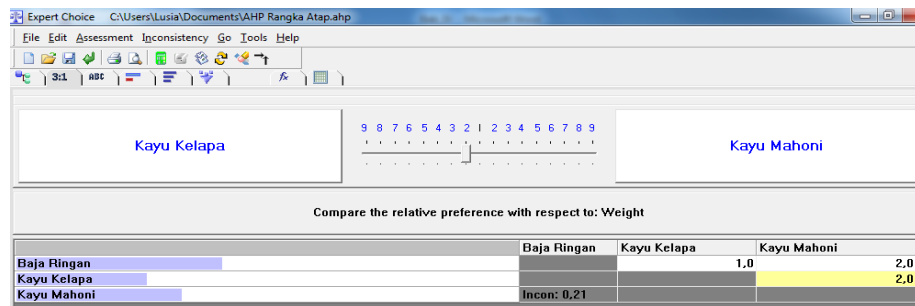
Berikut adalah pembobotan dengan melakukan perbandingan berpasangan alternatif material dengan masing-masing kriteria menurut pakar yang merupakan Kepala Arsitek Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya. Nilai pembobotan tersebut dihitung berdasarkan kondisi iklim, lokasi dan keuangan saat tahun 2017.

4.6.1. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria *Weight*

Bobot yang diberikan kepada 3 alternative material terhadap kriteria *Weight* adalah :

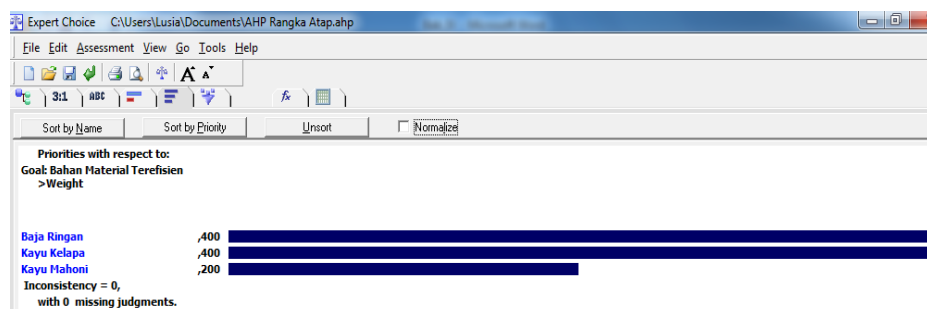
- Baja Ringan = 2
- Kayu Kelapa = 2
- Kayu Mahoni = 1

Ini berarti dari desain didapatkan bahwa Kayu Kelapa sama bobotnya dengan Baja ringan, sedangkan kayu kayu Kelapa memiliki bobot 2 kalilebih tinggi dari kayu Mahoni. Dan Baja ringan memiliki bobot 2 kali lebih tinggi dari kayu Mahoni juga. Semakin ringan bobot material maka semakin bagus bangunan tesebut. Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil seperti dalam gambar 18 sebagai berikut:



Gambar 18 Perbandingan Antar Alternatif Terhadap Kriteria *Weight*

Kemudian dengan menggunakan *Software Expert Choice 11* didapatkan hasil eigen Vektor Baja ringan bernilai 0,400, kayu kelapa bernilai 0,400 dan kayu mahoni bernilai 0,200 seperti dalam gambar 19



Gambar 19 *Eigen Vektor* Alternatif Terhadap Kriteria *Weight*

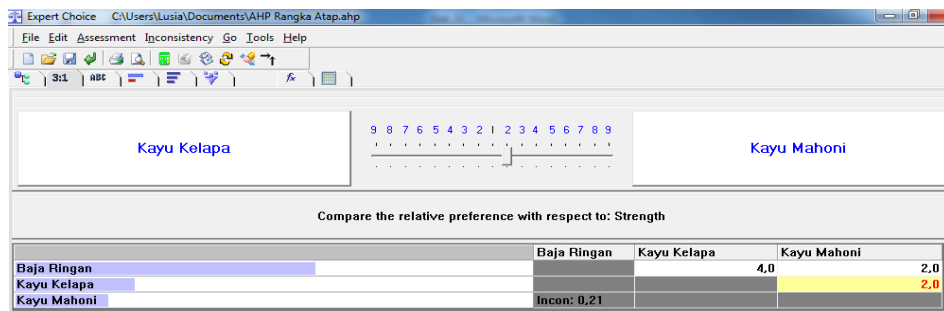
4.6.2. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria *Strength*

Bobot yang diberikan kepada 3 alternatif material terhadap kriteria kekuatan adalah :

- Baja Ringan = 4
- Kayu Kelapa = 1

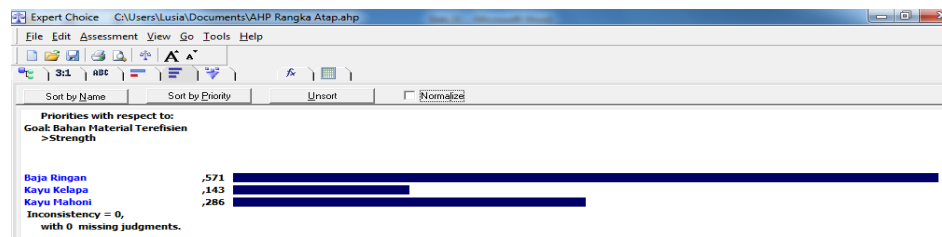
Kayu Mahoni = 2

Ini berarti dari kriteria kekuatan didapatkan bahwa baja ringan lebih tinggi kekuatannya 2 kali dari kayu mahoni dan 4 kali lebih tinggi dari kayu kelapa. Sedangkan kayu mahoni 2 kali lebih tinggi dari kayukelapa. Karena baja ringan kekuatannya lebih bagus dari kayu kelapa dan kayu mahoni dan mempunyai sifatnya yang juga tahan lama walau pun iklim panas di Surabaya tetapi baja ringan tak mudah aus. Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil seperti dalam gambar 20 sebagai berikut :



Gambar 20 Perbandingan Antar Alternatif Terhadap Kriteria *Strength*

Kemudian dengan menggunakan *Software Expert choice 11* didapatkan hasil *Eigen Vektor* baja ringan bernilai 0,571, kayu kelapa bernilai 0,143 dan kayu mahoni bernilai 0,286 seperti dalam gambar 21



Gambar 21 *Eigen Vektor* alternatif terhadap kriteria *Strength*

4.6.3. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria Personal

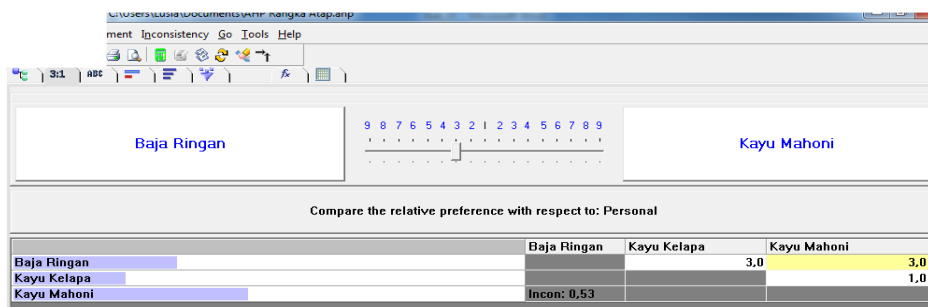
Bobot yang diberikan kepada 3 alternative material terhadap kriteria Personal adalah :

Baja Ringan = 3

Kayu Kelapa = 1

Kayu Mahoni = 1

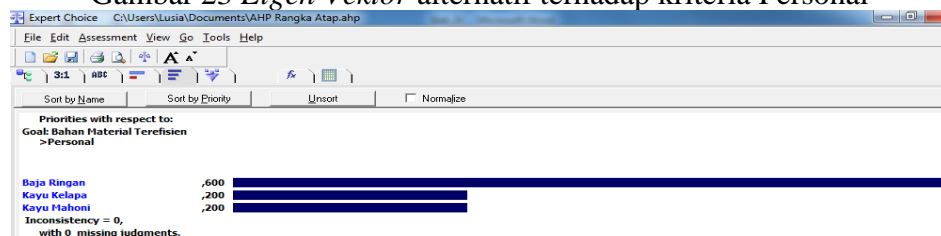
Hal diatas berarti bobot Baja ringan bernilai lebih tinggi dari kayukelapa dan kayu Mahoni atau jumlah personal yang dibutuhkan lebih sedikit pemasangan Baja ringan dibandingkan pemasangan dengan kayu. Sedangkan pemasangan antara kayu Kelapa dan kayu Mahoni bernilai sama atau membutuhkan jumlah personal pemasangan yang sama. Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil seperti dalam gambar 22 sebagai berikut:



Gambar 22 Perbandingan Antar Alternatif Terhadap Kriteria Personal

Kemudian dengan menggunakan *Software Expert Choice 11* didapatkan hasil *Eigen Vektor* baja ringan bernilai 0,600, kayu kelapa bernilai 0,200 dan kayu mahoni bernilai 0,200 seperti dalam gambar 23

Gambar 23 *Eigen Vektor* alternatif terhadap kriteria Personal



4.6.4. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria Desain

Bobot yang diberikan kepada 3 alternative material terhadap kriteria desain :

- Baja Ringan = 1
- Kayu Kelapa = 2
- Kayu mahoni = 4

Ini berarti dari desain didapatkan bahwa kayu kelapa bobotnya dua kali bobot baja ringan sedangkan baja ringan memiliki bobot 1/4 dari kayu mahoni dan 1/2 dari kayu kelapa. Dari segi estetika, bahan material kayu memang tidak diragukan lagi bobot nilainya yang cukup tinggi. Karena kayu dapat dibentuk dan di ukir sesuka hati sesuai dengan nilai estetika yang baik, sedangkan baja ringan karena sudah dalam bentuk jadi maka variasi gaya pemasangannya pun tidak leluasa. Sehingga nilai estetikanya menjadi rendah.

Kemudian dengan menggunakan *Software Expert Choice 11* didapatkan hasil *eigen vektor* baja ringan senilai 0,143, kayu kelapa senilai 0,286 dan nilai kayu mahoni adalah 0,51.

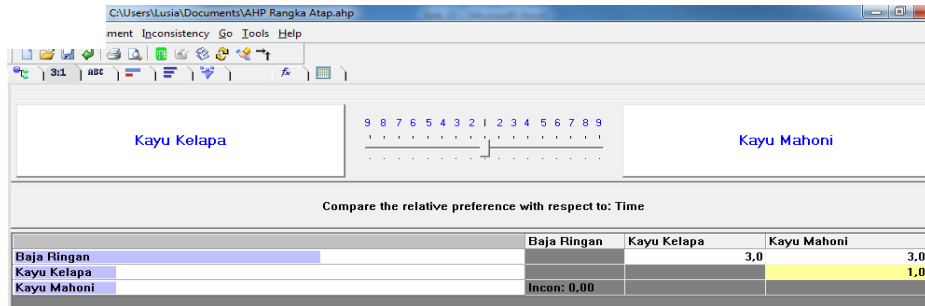
4.6.5. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria Time

Bobot yang diberikan kepada 3 alternatif material terhadap kriteria *Time* adalah :

- Baja Ringan = 3
- Kayu Kelapa = 1
- Kayu Mahoni = 1

Ini berarti dari kriteria *Time* didapatkan bahwa baja ringan 3 kali lebih tinggi

dari Kayu kelapa dan Mahoni. Sedangkan kayu Kelapa sama tinggi dengan kayu Mahoni. Pemasangan rangka baja ringan bisa lebih cepat dari rangka kayu karena sudah dalam bentuk jadi dan berpasangan. Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil seperti dalam gambar 23 sebagai berikut :



Gambar 23 Perbandingan Antar Relatif Terhadap Kriteria *Time*

Kemudian dengan menggunakan *Software Expert Choice 11* didapatkan hasil *eigen vector* baja ringan dengan nilai 0,600, kayu kelapa dengan nilai 0,200 dan kayu mahoni dengan nilai 0,200

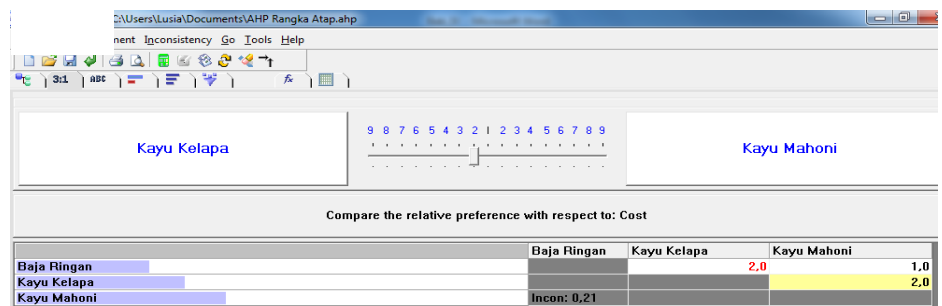
4.6.6. Perbandingan Berpasangan Antara Alternatif Material Terhadap Kriteria *Cost*

Bobot yang diberikan kepada 3 alternatif material terhadap kriteria *Cost* adalah :

- Baja Ringan = 1
- Kayu Kelapa = 2
- Kayu Mahoni = 1

Ini berarti dari kriteria *Cost* didapatkan bahwa kayu kelapa 2 kali lebih tinggi dari baja ringan dan 2 kali lebih tinggi dari kayu mahoni. Sedangkan baja ringan sama tinggi dengan kayu mahoni. Harga material kayu kelapa memang lebih murah dibandingkan material kayu mahoni dan baja ringan. Sedangkan untuk kayu mahoni memang lebih mahal dari baja ringan namun biaya pemasangan lebih kecil karena untuk baja ringan, agar mencapai hasil yang optimal diperlukan tenaga ahli yang biayanya lebih besar, sehingga *cost* kayu mahoni dan baja ringan bernilai sama.

Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil seperti dalam gambar 24 sebagai berikut :

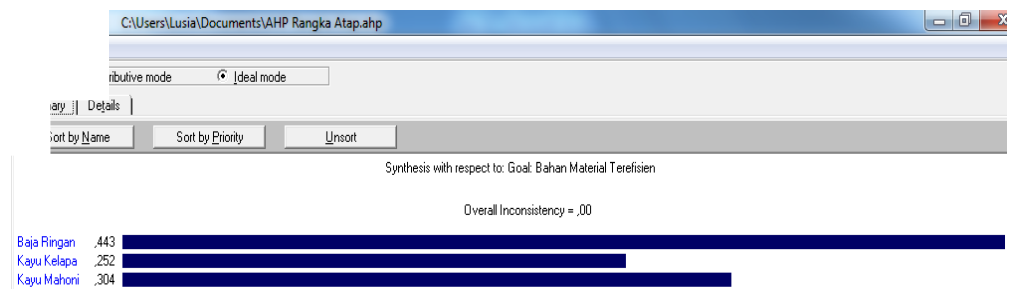


Gambar 24 Perbandingan Antar Alternatif Terhadap Kriteria *Cost*

Dengan *Software AHP Expert Choice 11* didapat hasil *eigen vector* bajaringan bernilai 0,250, kayu kelapa bernilai 0,500 dan kayu mahoni bernilai 0,250

4.7. Hasil Sistem Pendukung Keputusan Alternatif Efisiensi Material Struktur Rangka Atap

Setelah semua prosedur perhitungan di kerjakan dengan *Software AHP Expert Choice 11*, maka akan di dapat hasil sistem pendukung keputusan seperti pada gambar 25 dibawah ini.



Gambar 25 Hasil Perhitungan AHP

Dari pengolahan data dengan *Software AHP Expert Choice 11*, didapatkan hasil bahwa baja ringan terpilih sebagai prioritas pertama dan dapat dikatakan paling tinggi / efisien dibanding alternatif material lainnya dengan nilai 0,443. Disusul kemudian dengan kayu mahoni dengan nilai 0,304. Dan terakhir kayu kelapa dengan nilai 0,252.

Baja ringan tampaknya menjadi solusi yang dipandang tepat bagi sejumlah masyarakat khususnya perencana proyek pembangunan Perumahan Graha Kebraon Regency Surabaya. Hal ini dikarenakan efisiensi penggunaan baja ringan cukup tinggi dibandingkan material kayu baik kayu mahoni maupun kayu kelapa. Kelangkaan kayu berkualitas juga menjadi dasar penggunaan baja ringan sebagai struktur rangka atap. Apalagi mengurangi penggunaan material kayu berarti ikut melestarikan lingkungan hidup karena mengurangi penebangan pohon berarti juga ikut dalam gerakan penghijauan.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Penggunaan material baja ringan dalam struktur atap lebih efisien daripada material kayu pada Perum Kebraon Regency Surabaya dengan nilai eigen vektor 0.443;
2. Penggunaan material baja ringan unggul dari material kayu pada aspek *Strength, Time* dan *Personal*;
3. Penggunaan material baja ringan berarti ikut dalam gerakan *go green* untuk menghindari eksploitasi kayu di Indonesia.

DAFTAR PUSAKA

- Hartono, W., Sugiyarto, S., & Shapeka, S. (2016). Pemilihan Alternatif Jenis Konstruksi Rangka Atap Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Matriks Teknik Sipil*, 4(2).
- Husen, A. (2010). Manajemen Proyek, Yogyakarta. Penerbit Andi.
- IRIANTO, I. (2012). *STUDI PEMILIHAN MATERIAL RANGKA ATAP KAYU DAN BAJA RINGAN PADA PROYEK PERUMAHAN DI JAYAPURA MENGGUNAKAN METODE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)*. Universitas Hasanuddin.
- Mehta, P. K. (1986). *Concrete. Structure, properties and materials*.
- Murdock, L. J., & Brook, K. M. (1999). *Bahan dan praktek beton*.
- Nugroho, F. (2015). Baja Ringan Sebagai Salah Satu Alternatif Pengganti Kayu Pada Struktur Rangka Kuda-Kuda Ditinjau Dari Segi Biaya. *Jurnal Momentum ISSN: 1693-752X*, 17(1).
- Rahayu, S. A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan Dengan Rangka Atap Kayu Terhadap Mutu, Biaya dan Waktu. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 3(2), 116–130.
- Sucipta, A., Saggaff, A., & Muliawan, S. (2013). Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap Dengan Menggunakan Profil Baja Ringan. *J. Tek. Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 13–21.
- Suseno, P. (2008). Analisis efisiensi dan skala ekonomi pada industri perbankan syariah di Indonesia. *Journal of Islamic and Economics*, 2(1), 35–55.