

**ANALISA STRUKTUR RANGKA ATAP
GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS MUARA BUNGO
(Rangka Kuda-Kuda Type Single Frame Beam)**

Rio Mulyadi, Sucitra Wijaya, Suwarjo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo, Muara Bungo.
E-mail : Riomulyadi62@gmail.com, Sucitra.wijaya19@yahoo.com, -

ABSTRAK

Atap pada bangunan berfungsi sebagai penutup bagian yang ada dibawahnya. Pada analisa struktur rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo ini menggunakan penutup atap bahan seng superdeck, rusuk-rusuk atap menggunakan bahan kayu hal tersebut dikarenakan pemasangannya lebih mudah, harganya relatif murah, kekuatan kayu cukup tinggi Selain kayu pada analisa struktur rangka atap ini digunakan pula konstruksi baja konvensional karena kekuatannya cukup tinggi, dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan maka konstruksi baja konvensional ini dirasa cukup efisien digunakan pada rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo apalagi mengingat gedung ini merupakan gedung berlantai 7. Pada analisa rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo yang terdiri dari dimensi reng dan kaso dari konstruksi kayu kelas II. Gording dan kuda-kuda dari konstruksi baja konvensional menggunakan metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) dengan type kuda-kuda *single frame beam* dan menganalisa baut tanam di dalam beton.

Beban-beban yang ditinjau adalah beban mati dan beban hidup menggunakan metode gempa kondisi *ultimate* yang mengacu pada dasar-dasar peraturan SNI.03.1729.2002. Berdasarkan hasil perhitungan analisa struktur atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo ini didapatkan dimensi reng adalah lebar 2 cm dan tinggi 4 cm dan dimensi kaso adalah lebar 4 cm dan tinggi 8 cm . Menggunakan bahan baja konvensional dengan gording jenis profil INP.120, Kuda-kuda menggunakan jenis profil di titik A=B S.20 x 65 , di titik D = E S.10 x 25,4 dan di titik C S.15 x 42 cm dan baut tanam kuda-kuda di dalam beton minimmal harus ditanam $t \geq 43$ cm.

Kata kunci: Kayu, Baja Konvensional, LRFD, metode gempa kondisi ultimate.

The roof on the building serves as the cover of the existing part underneath. In the analysis of building roof frame structure Rectorate University of Muara Bungo is using a superdeck zinc roof cover, roof ribs using wood it is because the assembly is easier, the price is relatively cheap, the strength of wood is quite high. In addition to wood on the roof frame analysis is also used conventional steel construction because of high strength. Become a desirable profile then this conventional steel construction is considered efficient enough to be used in the framework of the roof of the building Rectorate University of Muara Bungo especially considering this building is a 7 storey building. In the roof analysis of the building Rectorate University Muara Bungo consisting of dimensions of batten (Wooden small beam) and kaso (wooden beam cross longitudinal) of wooden class construction II. Gording and horses from conventional steel construction using LRFD (Load Resistance Factor Design) method with single frame horses beam type and analyzing planting bolts in concrete based of horses (frame horses).

The loads under consideration are dead load and live load using the ultimate condition earthquake method which refers to the basics of SNI.03.1729.2002 regulations. Based on the analysis of roof structure analysis of Rectorate building of Muara Bungo University, it is found that the dimension of the batten is 2 cm wide and 4 cm high and the dimension of kaso is 4 cm wide and 8 cm high. Using conventional steel material with gaming type profile INP.120, Horses use profile type at point A = B S.20 x 65, at point D = E S.10 x 25.4 and at point C S.15 x 42 Cm and bolts planting horses in the minimmal concrete must be planted $t \geq 43$ cm.

Keywords: Wood, Conventional Steel, LRFD, ultimate condition earthquake method.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Universitas Muara Bungo merupakan salah satu Universitas yang ada di Provinsi Jambi wilayah Barat yang berdiri pada tahun 2008. Keberadaan gedung Rektorat Universitas Muara Bungo yang lama dirasakan tidak lagi mampu menyediakan ruang dalam proses pelayanan terhadap mahasiswa dan para dosen. Oleh karena itu, diperlukan pembangunan gedung Rektorat yang baru di mana kebutuhan ruang tersebut dapat mengakomodasi segala aktivitas kegiatan kampus.

Konstruksi atap pada bangunan sangatlah penting. Atap pada bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Walaupun atap itu ringan, pengaruh luar terhadap konstruksi dan penutupnya baik terhadap suhu (sinar matahari), cuaca (air hujan dan kelembaban udara), serta keamanan terhadap gaya horizontal (angin dan gempa) dan kebakaran harus tetap dijamin. Atap dapat dikatakan berkualitas jika strukturnya kuat/kokoh dan awet/tahan lama. Faktor iklim menjadi bahan pertimbangan penting dalam merancang bentuk dan konstruksi atap/bangunan. Keberadaan atap pada gedung sangat penting mengingat fungsinya seperti payung yang melindungi seisi gedung dari gangguan cuaca (panas,hujan dan angin). Oleh karena itu, sebuah atap harus benar-benar kokoh /kuat dan kekuatannya tergantung pada struktur pendukung atap.

Ada berbagai jenis dan bentuk atap. Bentuk atap ini berpengaruh terhadap keindahan suatu bangunan dan pemilihan tipe atap hendaknya disesuaikan dengan iklim setempat, tampak yang dikehendaki oleh arsitek, biaya yang tersedia, dan material yang mudah didapat. Sebelum melaksanakan pekerjaan atap, perhitungan struktur atap sangatlah penting. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan penutup atap, maka konstruksi kuda-kuda akan berbeda satu sama lain.

Atap yang sudah biasa ditemui pada bangunan di Indonesia adalah atap dengan konstruksi kayu. Perkembangan teknologi yang semakin canggih, membawa perubahan

yang baik dan benar terhadap kemajuan di bidang konstruksi dan pembangunan infrastruktur. Hal ini terlihat pada perkembangan penggunaan bahan konstruksi atap dengan bahan dasar baja ringan maupun baja konvensional.

Pada analisa struktur rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo ini digunakan struktur penghubung atap dengan rangka atap dari kontruksi kayu hal tersebut dikarenakan pemasangannya lebih mudah, harganya relatif murah, kekuatan kayu cukup tinggi dan saat rehab sturktur bangunan lebih mudah dikerjakan. Selain kayu pada analisa struktur rangka atap ini digunakan pula konstruksi baja konvensional karena kekuatannya cukup tinggi, dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan, dapat digunakan kembali digunakan setelah pembongkaran dan masih bernilai meskipun tidak digunakan sebagai elemen struktur maka konstruksi baja konvensional ini dirasa cukup efisien digunakan pada rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo apalagi mengingat gedung ini merupakan gedung berlantai 7. Selain kayu dan baja konvensional pada analisa struktur atap ini digunakan pula bahan penutup atap dari seng *superdeck* karena kekuatannya empat kali lipat dari pada seng biasa maka akan lebih awet dan tahan lama.

1.2. Tujuan, Maksud dan manfaat

1.1.1. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisa rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo yang terdiri dari dimensi reng dan kasos dari konstruksi kayu kelas II. Gording dan kuda-kuda dari konstruksi baja konvensional menggunakan *type* kuda-kuda *single frame beam* dan menganalisa baut tanam di dalam beton.

1.1.2. Maksud

Adapun maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat memberikan pengetahuan, pengertian, pemahaman mengaplikasikan teori-teori selama dalam bangku kuliah serta pengalaman dalam merencanakan rangkap atap Rektorat Universitas Muara Bungo yang nantinya dapat dijadikan referensi untuk menganalisa rangka atap lainnya, baik bagi pribadi penulis

maupun untuk para mahasiswa, dalam kiprah pekerjaan yang ada.

1.1.3. Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui tata cara perencanaan rangka atap dengan menggunakan konstruksi kayu dan baja konvensional.
2. Mengerti mengenai dasar-dasar peraturan, pembebatan, rekayasa teknik, dan analisa struktur dalam bentuk analisa perhitungan-perhitungan perencanaan atap, berdasarkan kondisi aktual dilapangan (lokasi kampus Universitas Muara Bungo di Sungai Binjai) dan diterjemahkan dalam gambar gambar *Shopwork Drawing*.

1.3. Batasan masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir perencanaan struktur atap gedung Rektorat ini meliputi :

1. Menganalisa struktur atap gedung dengan bahan penutup atap dari seng *Superdeck*.
2. Menganalisa struktur atap gedung terdiri dari kaso dan reng dari bahan kayu kelas II,
3. Menganalisa struktur atap gedung terdiri dari rangka kuda-kuda type *Single Frame Beam* menggunakan bahan dari baja konvensional.

1.4. Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir perencanaan struktur atap gedung Rektorat ini meliputi :

1. Bagaimakah cara mendimensi reng dan kaso dari konstruksi kayu kelas II ?
2. Apakah kayu kelas II dapat dijadikan reng dan kaso pada analisa struktur atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo ?
3. Bagaimanakah cara mendimensi gording dan kuda kuda type *single frame beam* dari konstruksi baja konvensional ?
4. Berapakah tinggi minimum baut yang harus ditanam didalam beton?

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan Tugas Akhir sesuai dengan buku petunjuk dari Universitas Muara Bungo tentang penulisan Tugas Akhir dan dalam menganalisa struktur rangka atap Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo.

BAB II Dasar Teori

Berdasarkan gambar dan data lapangan termasuk daftar pustaka dan peraturan yang berlaku dalam rancang bangun konstruksi struktur rangka atap gedung di Indonesia.

BAB III Metodologi Perencanaan

Berisi tentang metodologi atau langkah-langkah dalam proses menganalisa struktur rangka atap.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang tata cara perhitungan analisa struktur rangka atap gedung.

BAB V Penutup

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisa dan perhitungan struktur, serta saran-saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Atap

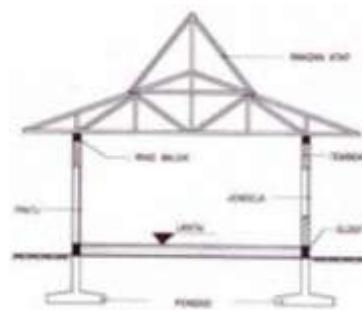
Atap adalah penutup atas suatu bangunan yang melindungi bagian dalam bangunan dari hujan maupun salju. Bentuk atap ada yang datar dan ada yang miring, walaupun datar harus dipikirkan untuk mengalirkan air agar bisa jatuh. Bahan untuk atap bermacam-macam, di antaranya: genteng (keramik, beton), seng bergelombang, asbes, maupun semen cor. Adapula atap genteng metal yang sangat ringan, tahan lama, anti karat dan tahan gempa (Wikipedia)..

Struktur atap adalah bagian bangunan yang menahan atau mengalirkan beban-beban dari atap (Royani 2011) . Konstruksi atap adalah konstruksi yang terdiri dari balok melintang (yang menerima gaya tarik), balok sebagai penopang atau tiang (yang menerima gaya tekan) guna menyangga dari gording dan kasau serta pelapis atap. Bentuk atap berpengaruh terhadap keindahan suatu bangunan dan pemilihan tipe atap hendaknya disesuaikan dengan iklim setempat, tampak yang dikehendaki oleh arsitek, biaya yang tersedia, dan material yang mudah didapat.

Rangka atap atau kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendiri dan sekaligus memberikan bentuk pada atap. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan penutup atap. Kuda-kuda diletakkan diatas dua tembok selaku tumpuannya. Perlu diperhatikan bahwa tembok diusahakan tidak menerima gaya horizontal maupun momen, karena tembok hanya mampu menerima beban vertikal saja. Kuda-kuda diperhitungkan mampu mendukung beban-beban atap dalam satu luasan atap tertentu. Beban-beban yang dihitung adalah beban mati (yaitu berat penutup atap, reng, kaso, gording, kuda-kuda) dan beban hidup (angin, air hujan, orang pada saat memasang/memperbaiki atap).

Atap yang sudah biasa ditemui pada bangunan di Indonesia adalah atap dengan konstruksi kayu. Belakangan ini marak penyedia konstruksi atap berbahan baja ringan dan baja konvensional . Baik konstruksi atap kayu, baja ringan maupun baja konvensional

memiliki kekurangan dan kelebihannya sendiri-sendiri.



Gambar 2.1. struktur bangunan

Tiga komponen penyusun atap:

1. struktur atap (rangka atap dan penopang rangka atap);
2. penutup atap (genteng, polikarbonat);
3. pelengkap atap (talang horizontal/vertikal dan lisplang)

Struktur atap adalah bagian bangunan yang menahan /mengalirkan beban-beban dari atap. Struktur atap terbagi 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, kasau dan reng. Susunan rangka atap dapat menghasilkan lekukan pada atap (jurai dalam/luar) dan menciptakan bentuk atap tertentu. Penopang rangka atap adalah balok kayu yang disusun membentuk segitiga, disebut dengan istilah kuda-kuda. Kuda-kuda berada dibawah rangka atap, fungsinya untuk menyangga rangka atap. Sebagai pengaku, bagian atas kuda-kuda disangkutkan pada balok bumbungan sementara kedua kakinya dihubungkan dengan kolom struktur untuk mengalirkan beban ke tanah.

2.1.1. Fungsi Atap

Atap adalah bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Walaupun atap itu ringan, pengaruh luar terhadap konstruksi dan penutupnya baik terhadap suhu (sinar matahari), cuaca (air hujan dan kelembaban udara), serta keamanan terhadap gaya horizontal (angin dan gempa) dan kebakaran harus tetap dijamin.

Berikut ini adalah beberapa fungsi atap yang lebih khusus (spesifik):

1. Menerima beban oleh bobot sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi.
2. Menahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal pada gevel.
3. Menerima panas oleh sinar matahari dan menahan suhu agar tetap dingin di ruang bawah atap dan menyerap panas tersebut dalam konsep arsitektur tropis.
4. Menghindari masuknya air hujan.
5. Perlindungan bagi penghuninya.
6. Menyediakan tempat teduh, segar, dan nyaman.

2.1.2. Syarat-Syarat Konstruksi Atap

Adapun syarat-syarat konstruksi atap yang harus dipenuhi antara lain :

1. Konstruksi atap harus kuat menahan berat sendiri dan tahan terhadap beban-beban yang bekerja padanya.
2. Pemilihan bentuk atap yang sesuai sehingga menambah keindahan serta kenyamanan bagi penghuninya.
3. Bahan penutup atap harus sesuai dengan fungsi bangunan tersebut, dan tahan terhadap pengaruh cuaca.
4. Sesuai dengan ciri khas arsitektur tradisional bangunan sekitar.
5. Kemiringan atau sudut atap harus sesuai dengan jenis bahan penutupnya. Makin rapat jenis bahan penutupnya, maka kemiringannya dapat dibuat lebih landai, seperti bahan dari seng, kaca, asbes dan lain – lainnya.

Mengacu pada kondisi iklim perancangan atap yang baik ditentukan 3 (tiga) faktor, yaitu :

1. Jenis material struktur dan penutup atap

Material penutup atap adalah lapisan paling luar dari komponen penyusun atap yang seharusnya kedap air, tahan cuaca, tahan terhadap bunga api penerbangan, berbobot ringan, dan berdaya tahan lama (seperti genting, pelat semen berserat atau seng gelombang) (Frick & Moedianto, 2004). Penentuan material tergantung pada selera penghuni, namun harus tetap memperhatikan prinsip dasar

sebuah struktur yaitu harus kuat, presisi, cukup ringan dan tidak *over design*. Atap yang kuat harus mampu menahan besarnya beban yang bekerja pada elemen struktur atap. Ada 3 (tiga) jenis beban yang bekerja pada atap yaitu:

- a) beban berat sendiri (bahan rangka, penopang rangka dan penutup atap).
 - b) beban angin tekan dan angin hisap.
 - c) beban bergerak lain (berat manusia saat pemasangan dan pemeliharaan).
2. Bentuk & ukuran
- Dibandingkan hujan dan panas, angin merupakan faktor yang paling diperhitungkan demi menjamin atap yang kuat. Beberapa masalah akibat angin kencang antara lain penutup atap yang terbang, gording terlepas, kuda-kuda terangkat dan kolom kayu bergeser atau terangkat. Besarnya kemiringan atap tergantung dari pada bahan yang dipakainya.

Tabel 2.1 Perbandingan kemiringan atap

| Bahan Penutup Atap | Kemiringan |
|--------------------------------|--------------------|
| Genteng biasa miring | (30 – 35) Derajat |
| Genteng istimewa miring | (25 – 30) Derat |
| Strap miring | (25 – 40) Derajat |
| Alang-alang atau Rumput miring | (40) Derajat |
| Seng | (20 – 25) Derat |
| Semen asbes gelombang | (15 – 25) Derajat |
| Beton miring | (1 – 2) Derajat |
| Kaca miring | (10 – 20) Derat |

Sumber : Buku Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan

3. Pemasangan

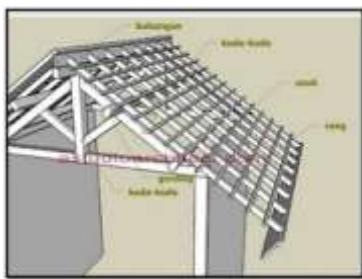
Kerapian pemasangan penutup atap (presisi), jika menggunakan genteng, maka jarak reng harus sesuai spesifikasi dan rekomendasi dari produsen. Beberapa contoh pekerjaan atap yang tidak cermat yang sering terjadi pada jurai dalam, yaitu :

- a) terdapatnya sambungan tekuk ke bagian dalam;
- b) susunan atap yang tidak berpresisi;
- c) bidang atap yang bergelombang akibat dari pemasangan reng yg tidak rapi.

Semua ini mengakibatkan munculnya gangguan pada atap dan mempengaruhi kekuatan atap.

2.1.3. Bagian-bagian 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, kasau dan reng. Susunan rangka atap dapat menghasilkan lekukan pada atap (jurai dalam/luar) dan menciptakan bentuk atap tertentu.



Gambar 2.2. Bagian – bagian atap

1. Gording

Gording merupakan balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadi dudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horisontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, reng, usuk, orang, beban angin, beban air hujan pada titik-titik buhul kuda-kuda.

2. Usuk/kaso

Kaso/ usuk adalah komponen atap yang terletak diatas gording dan menjadi dudukan untuk reng. Usuk berfungsi menerima beban dari penutup atap dan reng dan meneruskannya ke gording. Usuk terbuat dari kayu dengan ukuran 5/7

cm dan panjang maksimal 4 m. Usuk dipasang dengan jarak 40 s.d. 50 cm antara satu dengan lainnya pada arah tegak lurus gording. Usuk akan terhubung dengan gording dengan menggunakan paku. Pada kondisi tertentu usuk harus dibor dahulu sebelum dipaku untuk menghindari pecah pada ujung-ujung usuk.

3. Reng

Reng adalah komponen atap yang memiliki profil paling kecil dalam bentuk dan ukurannya. Posisinya melintang diatas kasau. Reng berfungsi sebagai penahan penutup atap (genteng dan lain-lain). Pada atap dengan penutup dari asbes, seng atau sirap reng tidak digunakan. Reng akan digunakan pada atap dengan penutup dari genteng. Reng akan dipasang pada arah tegak lurus usuk

4. Penutup atap

Penutup merupakan bagian yang menutupi atap secara keseluruhan sehingga terciptalah ambang atas yang membatasi kita dari alam luar. Ada berbagai pilihan penutup atap dengan pilihan bentuk dan sifat yang berbeda. Dua faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihannya adalah faktor keringanan material agar tidak terlalu membebani struktur bangunan dan faktor keawetan terhadap cuaca (angin, panas, hujan). Faktor lain adalah kecocokan/keindahan terhadap desain bangunan. Ukuran dan desain dari penutup atap juga memberi pengaruh pada struktur, misalnya konstruksi kuda-kuda, ukuran reng, dan sudut kemiringan.

5. Bubungan (nok)

Merupakan sisi atap yang teratas, selalu dalam keadaan datar dan umumnya menentukan arah bangunan.

2.1.4. Jenis-Jenis Penutup Atap

Penutup atap adalah elemen paling luar dari struktur atap. Penutup atap harus mempunyai sifat kedap air, bisa mencegah terjadinya rembesan air selama kejadian hujan. Sifat tidak rembes ini diuji dengan pengujian

serapan air dan rembesan. Struktur penutup atap merupakan struktur yang langsung berhubungan dengan beban-beban kerja (cuaca) sehingga harus dipilih dari bahan-bahan yang kedap air, tahan terhadap perubahan cuaca.

1. Atap Genteng Metal

Genteng metal adalah sebuah genteng *modern* yang biasanya digunakan untuk mengganti genteng dari tanah. Tampilannya mirip dengan genteng lainnya. Hanya jenis bahan dasar yang membedakan. Genteng metal terbuat dari logam, dengan bobot ringan. Ada dua jenis bahan pelapis yang dipakai, baja ringan dan galvanis. Dipasaran beredar dua jenis genteng metal, yang berlapis pasir dan tidak(*color/polos*). Lapisan pasir berfungsi untuk menahan panas, dan harganya pun lebih mahal dibanding yang tidak berpasir.



Gambar 2.3. Atap genteng metal

Kelebihan genteng metal

- a. Lebih Awet.
 - b. Bobot Lebih Ringan.
 - c. Bisa Digunakan di Berbagai Jenis Rangka Atap.
 - d. Lebih Cepat Dipasang.
 - e. Bersifat metal yang tidak mudah terbakar dan tidak menyebarkan api.
 - f. Tidak berisik.
 - g. Genteng metal saat ini dibuat untuk tahan lama seumur dengan bangunan anda.

2. Atap Seng

Atap ini sebenarnya dibuat dari lembaran baja tipis yang diberi lapisan zinc secara elektrolisa. Tujuannya untuk membuatnya menjadi tahan karat. Jadi, kata seng berasal dari bahan

pelapisnya. Jenis ini akan bertahan selama lapisan *zinc* ini belum hilang, yang terjadi sekitar tahun ke-30-an. Setelah itu, atap akan mulai bocor apabila ada bagian yang terserang karat.



Gambar 2.4. Atap Seng

3. Atap Dak Beton

Atap ini biasanya merupakan atap datar yang terbuat dari kombinasi besi dan beton. Banyak digunakan pada rumah-rumah *modern* minimalis dan kontemporer. Konstruksinya yang kuat memungkinkan untuk mempergunakan atap ini sebagai tempat beraktifitas. Contohnya menjemur pakaian dan bercocok tanam dengan pot. Kebocoran pada atap dak beton sering sekali terjadi. Maka perlu pengawasan pada pengecoran dan pemakaian *waterproofing* pada lapisan atasnya.



Gambar 2.5. Atap Dak Beton

2.2.

Konstruksi Kayu

Struktur kayu ialah sebuah struktur yang faktor susunannya adalah kayu. Dalam perkembangannya, struktur kayu tidak sedikit difungsikan sebagai alternatif dalam perencanaan pekerjaan-pekerjaan sipil, diantaranya

: rangka kuda-kuda, rangka dan gelagar jembatan, struktur perancah, kolom, & balok lantai bangunan. Pada dasarnya kayu adalah bahan alam yang banyak memiliki kelemahan struktural, maka penggunaan kayu sebagai bahan struktur perlu memperhatikan sifat-sifat tersebut.

1. Kelebihan Dan Kekurangan Bahan Kayu

a) Kelebihan Kayu

- Banyak didapat di Indonesia dan bisa didaur ulang lagi ketersediaannya dengan menanam kembali (Reboisasi).
- Mudah dikerjakan dan mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan kegunaannya serta harga yang relatif murah.
- Kekuatan kayu cukup tinggi dan ringan.
- Daya tahan terhadap listrik dan bahan kimia (kecuali bahan kimia yang keras) cukup tinggi/baik.
- Pada jenis kayu tertentu mempunyai tekstur yang indah, sehingga mempunyai nilai dekoratif yang indah/baik.
- Kedap suara.

b) Kekurangan Kayu

- Sifatnya kurang *homogeny*
- Mudah dipengaruhi oleh iklim/cuaca.
- Lendutan dapat terjadi pada keadaan kelembaban tinggi.
- Mudah terserang serangga, jamur dan cacing laut.
- Adanya cacat-cacat bawaan dan cacat alam, seperti : mata kayu dan pecah-pecah
- Agak mudah terbakar.
- Tahan terhadap keruntuhannya struktur akibat bahaya kebakaran.

Mendimensi struktur kayu

1. Momen nominal

$$M_n = \frac{Ml}{\phi} \quad (2.1)$$

2. Tegangan kekokohan

$$W_r = \frac{Mn}{\sigma_l} \quad (2.2)$$

Tabel 2.2. Penggolongan Kayu berdasarkan kelas kekuatan

| KELAS KUAT | BERAT JENIS KERING UDARA | KOKOH LENTUR MUTLAK (KG/CMF) | KOKOH TEKAN MUTLAK (KG/CMF) |
|------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| I | $\geq 0,90$ | ≥ 1100 | ≥ 650 |
| II | 0,90 - 0,60 | 1100 - 725 | 650 - 425 |
| III | 0,60 - 0,40 | 725 - 500 | 425 - 300 |
| IV | 0,40 - 0,30 | 500 - 360 | 300 - 215 |
| V | $\leq 0,30$ | ≤ 360 | ≤ 215 |

Sumber : Buku teknologi bahan kayu (2011)

Tabel 2.3. Penggolongan Kayu berdasarkan kelas pemakaian

| Kelas Pemakaian | Ditempatkan dari | | Keterangan |
|-----------------|------------------|----------------|---|
| | Kelas Kewulan | Kelas Kekuatan | |
| I | I | I | Konstruksi bent, selain terikus pengaruh-pengaruhunuk seperti termosifens berasal dalam tanah, atau terikupas untuknya, juga dan sebag. |
| | I | II | |
| II | II | II | |
| | III | III | Konstruksi bent yang terikut berasal di bawah tanah dan tidak berhubungan dengan tanah basah. |
| III | IV | IV | Konstruksi rangas yang terikut berasal di bawah tanah. |
| | V | V | Konstruksi yang bersifat tidak permanen. |

Sumber : Buku teknologi bahan kayu (2011)

Tabel 2.4. Modulus Elastisitas (PKKI'1961)

| MODULUS ELASTISITAS (kg/cm ²) | KELAS KUAT | | | | |
|---|------------|---------|--------|--------|---------|
| | I | II | III | IV | JATI |
| Modulus Elastisitas, sejajar serial (E) | 125.000 | 100.000 | 80.000 | 60.000 | 100.000 |

Sumber : PKKI'1961

Tabel 2.5. Tegangan Ijin Kayu (PKKI'1961)

| TEGANAN (kg/cm ²) | KELAS KUAT | | | | | |
|---|-------------------|-----|-----|-----|----|------|
| | | I | II | III | IV | Jati |
| Tegangan Lentur Ijin | σ_0 | 150 | 100 | 75 | 50 | 130 |
| Tegangan Trikan Ijin, sejajar setar | σ_{00} | 130 | 80 | 60 | 45 | 110 |
| Tegangan Tarik Ijin, sejajar setar | σ_{00} | 130 | 85 | 60 | 45 | 110 |
| Tegangan Trikan Ijin, tegak lurus setar | σ_{00} | 40 | 25 | 15 | 10 | 30 |
| Tegangan Geser Ijin, sejajar setar | τ_0 | 20 | 15 | 8 | 5 | 15 |

Sumber : PKKI'1961

2.3. Baja

Baja didefinisikan sebagai campuran besi dengan sejumlah kecil karbon, biasanya kurang dari 1%, dan juga elemen lain. Meskipun baja telah dibuat sejak lebih dari 3000 tahun yang lalu, tetapi tidak ada metoda produksi yang ekonomis sampai dengan abad 19.

Tegangan lentur atau tarik :

$$\sigma = \frac{M}{Wx} \quad (2.3)$$

Tegangan geser pada profil :

$$\tau = \frac{Vau}{As} \quad (2.4)$$

Tegangan ideal

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_{\text{maks}}} \quad (2.5)$$

2.3.1. Kelebihan Baja sebagai Material Struktur

Jika kita menyimak bangunan sekitar kita baik berupa jembatan, gedung, pemandar, papan iklan, dan lainnya akan sepandapat bahwa baja merupakan material struktur yang baik. Kelebihan dari baja terlihat dari kekuatan, relatif ringan, kemudahan pemasangan, dan sifat baja lainnya. Kelebihan material baja akan dibahas dalam paragraf berikut.

1. Kekuatan Tinggi

Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk jembatan bentang panjang,

bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.

2. Keseragaman
Sifat baja tidak berubah banyak terhadap waktu, tidak seperti halnya pada struktur beton bertulang.
3. Elastisitas
Baja berperilaku mendekati asumsi perancang teknik dibandingkan dengan material lain karena baja mengikuti hukum *Hooke* hingga mencapai tegangan yang cukup tinggi. Momen inersia untuk penampang baja dapat ditentukan dengan pasti dibandingkan dengan penampang beton bertulang.
4. Permanen
Portal baja yang mendapat perawatan baik akan berumur sangat panjang, bahkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu baja tidak memerlukan perawatan pengecetan sama sekali.
5. Daktilitas
Daktilitas didefinisikan sebagai sifat material untuk menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik. Suatu elemen baja yang diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan. Sebaliknya pada material keras dan getas (*brittle*) akan hancur terhadap beban kejut. SNI 03-1729-2002 mendefinisikan daktilitas sebagai kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastis bolak-balik berulang (*siklis*) di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya.
6. Liat (*Toughness*)
Baja struktur merupakan material yang liat artinya memiliki kekuatan dan daktilitas. Suatu elemen baja masih dapat terus memikul beban dengan deformasi yang cukup besar. Ini merupakan sifat material yang penting karena dengan sifat ini elemen baja bisa menerima deformasi yang besar selama pabrikasi, pengangkutan, dan pelaksanaan tanpa menimbulkan kehancuran. Dengan demikian pada baja struktur dapat diberikan lenturan, diberikan beban kejut, geser, dan dilubangi tanpa memperlihatkan kerusakan. Kemampuan

- material untuk menyerap energi dalam jumlah yang cukup besar disebut *toughness*.
7. Tambahan pada struktur yang telah ada Struktur baja sangat sesuai untuk penambahan struktur. Baik sebagian bentang baru maupun seluruh sayap dapat ditambahkan pada portal yang telah ada, bahkan jembatan baja sering kali diperlebar.
 8. Lain-lain
Kelebihan lain dari materia baja struktur adalah:
 - a. Kemudahan penyambungan baik dengan baut, paku keling maupun las,
 - b. Cepat dalam pemasangan,
 - c. Dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan,
 - d. Kemungkinan untuk penggunaan kembali setelah pembongkaran,
 - e. Masih bernilai meskipun tidak digunakan kembali sebagai elemen struktur,
 - f. Adaptif terhadap prefabrikasi.
 - g. Sangat tinggi terhadap tegangan lentur tarik.

2.3.2 Kelemahan Baja sebagai Material Struktur

Secara umum baja mempunyai kekurangan seperti dijelaskan pada paragraf dibawah ini.

1. Biaya Pemeliharaan
Umumnya material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.
2. Biaya Perlindungan Terhadap Kebakaran
Meskipun baja tidak mudah terbakar tetapi kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran. Selain itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat menjadi pemicu kebakaran pada komponen lain. Akibatnya, portal dengan kemungkinan kebakaran tinggi perlu diberi pelindung. Ketahanan material baja terhadap api. (SNI 03-1729-2002).
3. Rentan Terhadap *Buckling*
Semakin langsung suatu elemen tekan, semakin besar pula bahaya terhadap *buckling* (tekuk). Sebagaimana telah disebutkan bahwa baja mempunyai

kekuatan yang tinggi per satuan berat dan jika digunakan sebagai kolom sering kali tidak ekonomis karena banyak material yang perlu digunakan untuk memperkuat kolom terhadap *buckling*.

4. Fatik
Kekuatan baja akan menurun jika mendapat beban siklis. Dalam perancangan perlu dilakukan pengurangan kekuatan jika pada elemen struktur akan terjadi beban siklis.

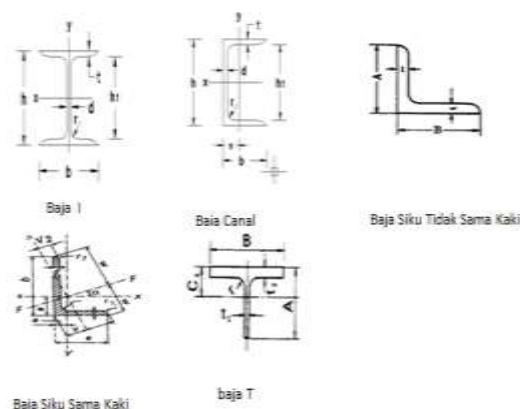
5. Keruntuhan Getas

Pada kondisi tertentu baja akan kehilangan daktilitasnya dan keruntuhan getas dapat terjadi pada tempat dengan konsentrasi tegangan tinggi. Jenis beban fatik dan temperatur yang sangat rendah akan memperbesar kemungkinan keruntuhan getas (ini yang terjadi pada kapal *Titanic*).

2.3.3. Profil Baja

Data profil secara lengkap dapat dilihat dalam peraturan AISC LRFD. Dimensi diberikan dalam bentuk desimal (diperlukan oleh perancang teknik) dan juga sampai dengan 1/16 in (digunakan oleh juru gambar). Data lain yang diberikan dalam manual AISC-LRFD adalah luas penampang, momen inersia, jari-jari girasi, dll.

Dari tahun ke tahun terjadi perubahan dalam penampang baja. Hal ini disebabkan tidak cukup banyaknya permintaan baja profil tertentu, atau sebagai akibat dari perkembangan profil yang lebih efisien, dll.



Gambar 2.6. Beberapa Bentuk Profil Baja

Tabel 2.6. Sifat mekanis baja struktural :

| Jenis Baja | Tegangan Putus Minimum f_u (Mpa) | Tegangan Lelah Minimum f_y (Mpa) | Tegangan Lelah Minimum f_y (kg/cm ²) | Peregangan Minimum (%) |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------|
| BT 13 | 310 | 200 | 2000 | 22 |
| BT 14 | 340 | 230 | 2100 | 22 |
| BT 15 | 370 | 240 | 2400 | 20 |
| BT 41 | 410 | 250 | 2500 | 18 |
| BT 50 | 380 | 280 | 2800 | 16 |
| BT 56 | 550 | 410 | 4100 | 13 |

Sumber : SNI 03-1729-2002

Kekuatan leleh baja terentang mulai dari 165 Mpa sampai 552 Mpa (Yu, 2010).

Dalam perencanaan struktur baja, SNI 03-1829-2002 mengambil beberapa sifat mekanis dari material baja diantaranya :

Modulus elastisitas :

$$E = 200.000 \text{ Mpa}$$

Modulus Geser :

$$G = 80.000 \text{ Mpa}$$

2.3.4. Desain LRFD Struktur Baja

Secara umum suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum V_i \times Q \quad (2.6)$$

bagian kiri dari persamaan diatas mempresentasikan tahan atau kekuatan dari sebuah komponen atau struktur. Dan bagian kanan persamaan merupakan beban yang harus dipikul struktur tersebut. Jika tahanan nominal R_n dikalikan suatu faktor tahanan ϕ maka akan diperoleh tahanan rencana. Namun demikian, berbagai macam beban (beban mati, beban hidup, gempa dan lain-lain) pada bagian kanan persamaan diatas dikalikan suatu faktor beban V_i untuk mendapatkan jumlah beban terfaktor $\sum V_i Q_i$

- Faktor beban dan kombinasi beban dalam persamaan diatas tampak bahwa tahanan rencana harus melebihi jumlah beban-beban yang bekerja dikaliakan dengan suatu faktor beban. Penjumlahan beban-beban kerja ini yang dinamakan sebagai kombinasi pembebahan, menurut peraturan baja indonesia, SNI 03-1279-2002 dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebahan berikut ini :

- $1,4D$

- $1,2D + 1,6L$
- $1,2D + 1,0L \pm 1,5 W$
- $0,9D \pm 1,6W$
- $1,2D + 1,0L \pm 1,0E$

- Komponen struktur yang memikul lentur
- Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial
- Komponen struktur yang memikul gaya tarik
 - Terhadap kuat tarik leleh
 - Terhadap kuat tarik faktur
- Komponen struktur yang memikul gaya aksial dan lentur
- Komponen struktur komposit
 - Kuat tekan
 - Kuat tumpu beton
 - Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastis
 - Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastis
- Sambungan baut
- Sambungan las
 - Las tumpul penetasi penuh
 - Las sudut, las tumpul penetrasi sebagian, las pengisi

2.3.4. Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang, selain las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Berikut tipe-tipe baut dalam penyambungan baja.

Tabel 2.7. Tabel Tipe Baut

| Tipe Baut | Diameter | Proof Stress (Mpa) | Kuat Tarik Min. (Mpa) |
|-------------|-------------|--------------------|-----------------------|
| A307 | 6.35 – 104 | - | 60 |
| A325 | 12.7 – 25.4 | 585 | 825 |
| 28.6 – 38.1 | 510 | 725 | |
| A490 | 12.7 – 38.1 | 825 | 1035 |

Sumber : Buku Baja LRFD (2008)

$$(2.7)$$

Mendimensi baut :

$$A_p = \frac{Gaya (H)}{F_s} \quad (2.12)$$

$$I_p = \frac{M_n}{f_s} \quad (2.13)$$

Gaya tarik terbesar pada baut :

$$N_1 = \frac{M_n \times l_x}{\Sigma f_i} \quad (2.14)$$

Tegangan tumpu pada baut :

$$\sigma_{tp} = \frac{P}{\theta d \times d} \quad (2.15)$$

Tegangan geser pada gaya satu baut :

$$\tau = \frac{V}{(1) \times A_b} \quad (2.16)$$

Tegangan idiel pada baut :

$$\sigma_i = \sqrt{(c \tau^2) + 3 \times (\tau)^2} \quad (2.17)$$

2.3.6. Sambungan Las

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa memberi tekanan dan dengan atau tanpa bahan pengisi. Melalui beberapa penelitian tentang las, belakangan las mulai banyak digunakan dibidang konstruksi, hal ini antara lain karena proses penyambungan dengan las memberikan beberapa keuntungan, diantaranya :

- Harga konstruksi yang menggunakan las lebih murah dibandingkan dengan baut.
 - Pada elemen tertentu tidak mungkin menggunakan baut untuk menyambung sehingga lebih efisien menggunakan las
 - Struktur yang menggunakan las akan lebih kaku daripada menggunakan baut.
 - Komponen struktur akan tersambung secara kontinu
 - Mudah untuk membuat perubahan desain dalam struktur
 - Tingkat kebisingan las lebih rendah daripada baut
- Jenis las

Jenis-jenis las yang dijumpai antara lain :

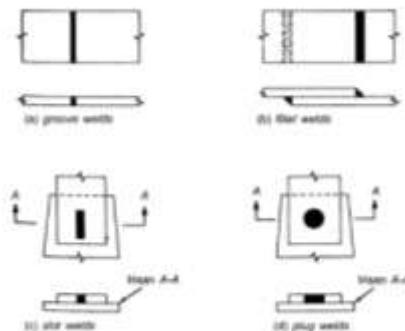
 - Las tumpul (*groove welds*), las ini digunakan untuk menyambung batang-batang sebidang.
 - Las sudut (*fillet welds*) tipe las ini yang paling banyak dijumpai daripada tipe las yang lain, 80%

las menggunakan tipe las sudut.

Tabel 2.8. Harga c untuk macam-macam sudut

| α | $\frac{\bar{\sigma}_s}{\sigma}$ | α | $\frac{\bar{\sigma}_s}{\sigma}$ | α | $\frac{\bar{\sigma}_s}{\sigma}$ |
|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| 0° | 0,58 | 35° | 0,65 | 70° | 0,90 |
| 5° | 0,58 | 40° | 0,68 | 75° | 0,94 |
| 10° | 0,58 | 45° | 0,71 | 80° | 0,97 |
| 15° | 0,59 | 50° | 0,74 | 85° | 0,99 |
| 20° | 0,60 | 55° | 0,78 | | |
| 25° | 0,61 | 60° | 0,82 | | |
| 30° | 0,62 | 65° | 0,86 | | |

- c. Las baji dan pasak (*slot and plugs welds*) jenis las ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaatnya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewat bila panjang laas terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut



Gambar 2.7. Jenis-jenis las

2.4. Pembebanan

2.4.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Mencakup semua beban yang disebabkan oleh beban sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati untuk gedung ini diatur dalam Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (Peraturan Muatan Indonesia tahun 1970). Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur atap bangunan merupakan berat sendiri elemen struktur atap yang memiliki fungsi struktural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

- Baja = 7850 kg/m³
- Kayu kelas II = 800 kg/m³
- Atap Seng = 10 kg/m²
- Atap genteng = 50 kg/m²
- Orang kerja = 60 kg/m²

- Instalasi listrik = 15 kg/m²
- Plafond + penggantung = 20 kg/m²
- Air = 1000 kg/m³
- Instalasi AC = 100 kg/m

Beban tersebut harus disesuaikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan.

2.4.2. Beban Hidup (Live Load)

Mencakup semua beban yang terjadi akibat beban penghunian atau penggunaan gedung termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen. Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan (servis). Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Beban Hidup pada Lantai Gedung
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m² (untuk layanan publik).
- Beban Hidup pada Atap Gedung
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 40 kg/m² (berupa tekan angin atau hujan), atau 100 kg/m² untuk tepi pantai.
- Faktor beban kondisi Ultimate
Faktor beban kondisi Ultimate adalah

$$U = 1,2 D_l + 1,6 L_l$$

BAB III

METODOLOGI

3.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam membuat dan melakukan analisis yang baik, diperlukan data yang mencakup informasi dan teori yang berkaitan dengan objek yang akan di analisis. Data-data tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.1.1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lapangan maupun hasil survey. Data primer antara lain sebagai berikut:

1. Data Proyek

| | |
|-------------------|--|
| Nama Proyek | : Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo |
| Fungsi Bangunan | : Gedung Kantor |
| Jumlah Lantai | : 7 lantai |
| Lokasi | : Jl. Pendidikan, Sei. Binjai, Muara Bungo |
| Struktur Bangunan | : Konstruksi Beton Bertulang |
| Struktur Atap | : Konstruksi Atap kayu dan Baja Konvensional |
| Bahan Bangunan | : Beton |
| Data Sondir | :(terlampir) |

2. Data Spesifikasi Bahan

Data spesifikasi bahan digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan dalam struktur. yaitu sebagai berikut:

Kayu kelas II

Tegangan lentur ijin (σ_i) = 100 kg/cm².

Elastisitas kayu : $E_k = 100.000 \text{ MPa}$

Baja Konvensional

$Bj.33$ dengan $f_y=2000 \text{ kg/cm}^2$.

Elastisitas baja : $E_s = 2,1 \times 10^6 = 200.000 \text{ MPa}$

3.1.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari peraturan-peraturan, ketentuan-ketentuan, dan referensi kepustakaan untuk digunakan dalam menganalisa struktur. Data sekunder merupakan data penunjang antara lain literatur-literatur pendukung, grafik, tabel, dan peta tanah.

3.2. Peraturan Perencanaan

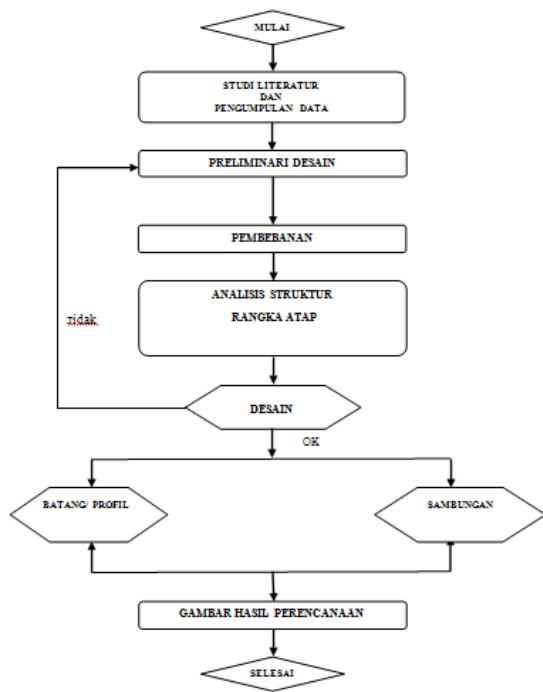
Peraturan perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tata cara perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (PPKI) tahun 1961.
2. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung SNI 03 1729-2002.

3.3. Metode Analisis Data

Perhitungan analisa struktur rangka atap gedung rektorat Univeritas Muara Bungo dalam penyusunan tugas akhir ini adalah menggunakan metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) dan type kuda-kuda adalah “Type Single Frame Beam”.

3.4. Bagan Alir Langkah Kerja



Gambar 3.1. Bagan Alir Langkah Kerja Untuk Rangka Atap

BAB IV MENGANALISA STRUKTUR ATAP BANGUNAN GEDUNG REKTORAT UMB

4.1 Notasi Perhitungan Rangka Atap

1. Beban

- a. Beban layan atau servis
- b. Beban dinamis
- c. Beban kondisi ultimate

$$U = 1,2 D_l + 1,6 L_l$$

D_l = dead load (beban mati)

L_l = life load (beban hidup)

- d. b_s = berat sendiri bahan / struktur

2. Pembebaan

V_{wr} = pembebaan tekanan angin dan air hujan.....
= 40 kg/m^2

V_a = pembebaan (berat jenis) air.....
= 1.000 kg/m^3

V_k = pembebaan (berat jenis) kayu kelas II.....

| | |
|----------|--|
| V_{bj} | = 800 kg/m^3 = pembebaan (berat jenis) baja..... |
| V_{sa} | = 7.850 kg/m^3 = pembebaan (berat jenis) seng atap |
| V_{or} | = 10 kg/m^2 = pembebaan (berat jenis) orang kerja |
| V_{pf} | = 60 kg/m^2 = pembebaan (berat jenis) plafond/langit-langit |
| V_{il} | = 20 kg/m^2 = pembebaan (berat jenis) instalasi listrik |
| V_{ac} | = 15 kg/m = pembebaan (berat jenis) instalasi AC..... |
| | = 100 kg/m |

3. Momen dan gaya lintang

M^+ = momen lapangan / momen lentur disuatu titik.

M^- = momen tumpu / jepit disuatu titik.

ϕ = faktor reduksi kekuatan bahan.....(0,90-0,95)

M_n = momen nominal

$$M_n = \frac{M}{\phi}$$

$R_A = R_B = V_A = V_B = dst$, adalah gaya lintang atau reaksi perletakan pada suatu titik.

4. Tegangan

Tegangan lentur atau tarik

σ_k = tegangan ijin kayu (kayu kelas II).....
= 100 kg/m^2

τ = tegangan geser dari suatu bahan
 σ_i = tegangan ideal =

$$\sqrt{\sigma^2 \times 3 \cdot \tau \text{ maks}^2}$$

5. Parameter penampang struktur

b = ukuran lebar balok atau profil

h = ukuran tinggi balok atau profil

d = ukuran tebal plat badan atau profil

t = ukuran tebal plat flens pada profil

A = luas penampang profil

I_x = momen inersia ke arah sumbu X

w_x = modulus kekokohan penampang ke arah sumbu X

I_y = momen inersia ke arah sumbu Y

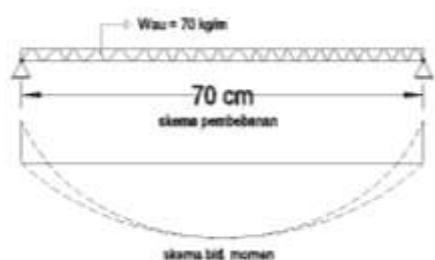
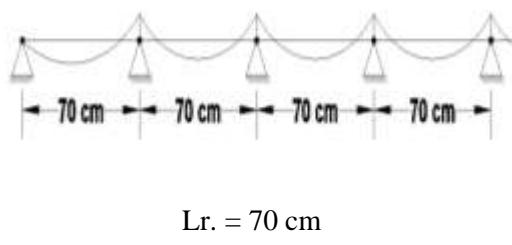
| | |
|-------|--|
| W_y | = modulus kekokohan penampang ke arah sumbu Y |
| i_x | = jari-jari hirarki (daerah inti ke arah sumbu X) |
| i_y | = jari-jari hirarki (daerah inti ke arah sumbu Y) |
| E_k | = modulus elastisitas kayu → (kayu kelas II)..... = 100.000 kg/cm^2 |
| E_s | = modulus elastisitas baja → ($2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$) = 200.000 Mpa |

4.2. Mendimensi Struktur Reng

Bahan Atap :

- Penutup atap dari Seng Superdeck dengan berat.....
 $V_{sa} = 10 \text{ kg/m}^2$
- Penyangga Penutup Atap dari Kayu dengan berat.....
 $V_k = 800 \text{ kg/m}^3$
- Tekanan Angin dan Air Hujan Pada Atap.....
 $V_{wr} = 40 \text{ kg/m}^2$
- Beban Orang Kerja.....
 $V_{or} = 60 \text{ kg/m}^2$

1. Analisa Dimensi Reng.
Kondisi tumpuan menyeluruh.



Gambar 4.1. Skema pembebanan dan bidang momen

Rencana beban kerja pada reng :

- a. Beban Mati
 - Penutup atap seng superdeck ($1 \text{ m} \times V_{sa}$) = ($1 \text{ m} \times 10 \text{ kg/m}^2$).....

$$\begin{aligned}
 &= 10 \text{ kg/m} \\
 - \text{ Berat kayu reng } (b \times h \times V_k \times l_m) &= (0,04 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} \times 800 \text{ kg/m}^3 \times 0,7 \text{ m}) \\
 &= 1,334 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_{\text{mati}} &= 11,344 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup (Dinamis)

$$\begin{aligned}
 - \text{ Beban angin - hujan } (l_a \times l_k \times V_{wr}) &= (0,50 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 40 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 14 \text{ kg/m} \\
 - \text{ Beban orang kerja } (l_a \times l_k \times V_{or}) &= (0,50 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 60 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 21 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_{\text{hidup}} &= 35 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

c. Beban kondisi ultimate atap

$$\begin{aligned}
 W_{au} &= (1,2 \times q_{\text{mati}}) + (1,6 \times q_{\text{hidup}}) \\
 &= (1,2 \times 11,344 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 35 \text{ kg/m}) \\
 &= 13,6128 \text{ kg/m} + 56 \text{ kg/m} \\
 &= 69,6128 \text{ kg/m} \\
 &\approx 70 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

d. Momen lentur ditengah bentang reng

$$\begin{aligned}
 M_l &= \frac{1}{8} \times W_{au} \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 70 \times 0,7^2 \\
 &= 4,2875 \text{ kg.m} \\
 &= 4,2875 \times 10^2 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

e. Momen nominal

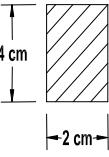
$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_l}{\phi} \rightarrow \text{faktor reduksi} \\
 \text{kekuatan } \phi &= (90-95)\% \\
 &= \frac{4,2875 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{0,95} \\
 &= 4,51263 \times 10^2 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

f. Dimensi Reng

- Bahan kayu kelas II.....
→ Tegangan Lentur $\sigma_l = 100 \text{ kg/cm}^2$ (Lihat Tabel 2.5)
- Tegangan kekokohan reng

$$\begin{aligned}
 W_r &= \frac{M_n}{\sigma_l} \\
 &= \frac{4,51263 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{100 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 4,51263 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{6} b \times h^2 &= 4,51263 \text{ cm}^3 \\
 b \times h^2 &= \frac{6}{1} \times 4,51263 \text{ cm}^3 \\
 b \times h^2 &= 27,075 \text{ cm}^3 \dots\dots \\
 &\rightarrow \text{misal } b = \frac{1}{2} h \text{ maka,} \\
 \frac{1}{2} h \times h^2 &= 27,075 \text{ cm}^3 \\
 h^3 &= \frac{2}{1} 27,075 \text{ cm}^3 \\
 h^3 &= 54,151 \text{ cm}^3 \\
 h &= \sqrt[3]{54,151} \\
 &= 3,7827 \approx 4 \text{ cm} \\
 \text{maka, } b &= \frac{1}{2} \times h \\
 &= \frac{1}{2} \times 4 \text{ cm} \\
 &= 2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

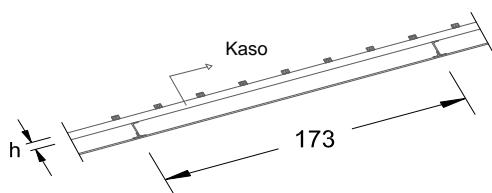
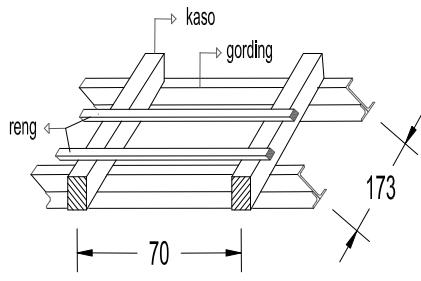


Jadi, secara teoritis ukuran reng : \square
 $b/h = 2/4 \text{ cm}$

4.3. Mendimensi Sturktur Kaso

Diketahui jarak antara tumpuan kaso 1
 $= 173 \text{ cm} = 1,73 \text{ m}$

$$Lk = 1,73 \text{ m}$$



Gambar 4.2. Perletakan kaso pada gording

Bahan kaso dari kayu kelas II

Rencana beban kerja pada kaso :

a. Beban Mati

- Berat sendiri atap seng dan reng (adalah reaksi perletakan masing-masing reng) sudah termasuk beban dinamis tekanan angin, tekanan hujan dan orang kerja :

$$Q_k = (w_{au} \times l_r \times a) / 2$$

$$\begin{aligned}
 &= (70 \times 0,7 \times 7) / 2 \\
 &= 171,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban merata pada kaso

$$\begin{aligned}
 q_{ku} &= Q_k / l_k \\
 &= 171,5 / 1,73
 \end{aligned}$$

- Berat kayu kaso ($b \times h \times V_k \times l_m$)

$$(0,05\text{m} \times 0,07\text{m} \times 800 \text{ kg/m}^3 \times 1\text{m}) \dots\dots$$

$$\begin{aligned}
 w_k &= 101,933 \text{ kg/m} \\
 &\approx 102 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- b. Momen ditengah bentang kaso

$$\begin{aligned}
 M_{Ctk} &= 1/8 \times w_k \times l_k^2 \\
 &= 1/8 \times 102 \times 1,73^2 \\
 &= 38,1594 \text{ kg.m} \\
 &= 38,1594 \times 10^2 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- c. Momen nominal

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Ml}{\phi} \text{ faktor reduksi kekuatan } \phi \\
 &= (90-95)\% \\
 &= \frac{38,1594 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{0,95} \\
 &= 42,399 \times 10^2 \text{ kg.cm} \\
 &\approx 42,4 \times 10^2 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- d. Dimensi profil kaso

Bahan kayu kelas II.....

→ Tegangan Lentur $\sigma_l = 100 \text{ kg/cm}^2$ → (Lihat Tabel 2.5)

- Tegangan kekokohan kaso

$$\begin{aligned}
 W_r &= \frac{Mn}{\sigma_l} \\
 &= \frac{42,4 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{100 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 42,4 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{6} b \times h^2 = 42,4 \text{ cm}^3 \dots\dots$$

$$\rightarrow \text{misal } b = \frac{1}{2} h \text{ maka,}$$

$$b \times h^2 = \frac{6}{1} \times 42,4 \text{ cm}^3$$

$$\frac{1}{2} h \cdot h^3 = 254,5 \text{ cm}^3$$

$$h^3 = \frac{2}{1} 254,5 \text{ cm}^3$$

$$h^3 = 508,8 \text{ cm}^3$$

$$h = \sqrt[3]{508,8}$$

$$= 7,9667$$

$$\approx 8 \text{ cm}$$

$$\text{maka, } b = \frac{1}{2} \times h$$

$$= \frac{1}{2} \times 8 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

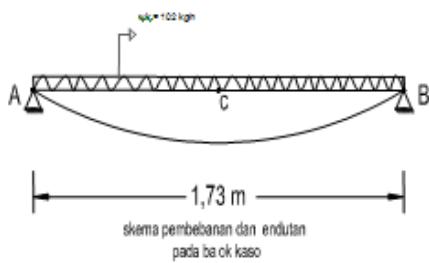
Jadi secara teoritis ukuran reng : \square
 $b/h = 4/8 \text{ cm}$

Reaksi perletakan kaso:

$$VQ_{kA} = VQ_{kB} = 171,5 \text{ kg} \dots\dots$$

→ digording

- e. Kontrol lendutan profil yang terjadi pada balok kasos



Gambar 4.3. Skema pembebanan dan lendutan pada balok kasos

- f. Beban titik pada masing – masing reng jadikan beban merata sebesar $w_k = 102 \text{ kg/m} = 1,02 \text{ kg/cm}$. Sehingga lendutan yang terjadi pada kasos

$$\Delta c = \frac{5 \times W_k \times L^3}{384 \times E_k \times I}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} E_k &= 100.000 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 4 \times 8^3 \\ &= 170,666 \text{ cm}^4 \\ \Delta c &= \frac{5 \times 1,02 \times 173^3}{384 \times 100.000 \times 170,666} \end{aligned}$$

$$\Delta c = 0,00389 \text{ cm}$$

$$\text{dimana : } \overline{\Delta} = \frac{1}{125} = 0,00308 \text{ l}$$

Karena ; $\Delta c < \overline{\Delta}$

Maka :

$$\begin{aligned} 0,00389 \text{ cm} &< 0,00308 \times l \\ &< 0,00308 \times 173 \text{ cm} \\ &< 0,532 \text{ cm} \\ &\rightarrow \text{ok aman} \end{aligned}$$

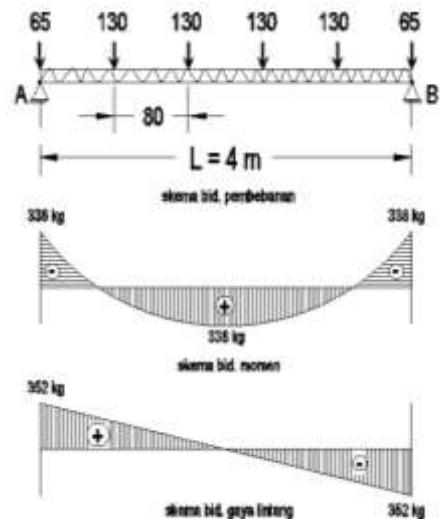
Berdasarkan hasil perhitungan struktur kayu maka :

Tabel .4.1. Resume analisa rangka atap menggunakan konstruksi kayu

| Nama Item | Dimensi (Cm) | | Keterangan |
|-----------|--------------|------------|------------|
| | Lebar (b) | Tinggi (h) | |
| Reng | 2 | 4 | |
| Kaso | 4 | 8 | |

4.4. Mendimensi Gording

- a. Analisa struktur gording
- Jarak tumpuan gording adalah jarak kuda-kuda rangka baja = 4 m
 - Jarak titik kasos = 0,70 m
 - Jarak antar kasos = $\frac{4}{0,70} = 5,714 \text{ m} \approx 6 \text{ titik beban kasos}$



Gambar 4.4. Skema bidang momen dan bidang gaya lintang

- Pembebanan

Beban mati

- Estimasi berat sendiri gording dari bahan baja

Diestimasikan besrat sendiri gording

$$\begin{aligned} (w_3) &= 12 \text{ kg/m} \times f_k \\ &= 12 \text{ kg/m} \times 1,2 \\ &= 14,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup

- Beban orang kerja (w_4) = 75 kg/m $\times f_k$
= 75 kg/m $\times 1,6 = 120 \text{ kg/m}$

$$w_{\text{tot}} = 134 \text{ kg/m}$$

- Beban merata pada gording

$$\begin{aligned} (M_g) &= \frac{1}{8} \times w_{\text{tot}} \times l^2 \times f_k \\ &= \frac{1}{8} \times 134 \text{ kg/m} \times 4^2 \times 1,2 \\ &= 322,56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Analis beban titik gording

– Gaya lintang :

$$\begin{aligned} V_A &= V_B \\ &= (65 + 130 + 130 + 130 + 65) / 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 352 \text{ kg} \\
&- \text{ Momen :} \\
M_{gCA} &= V_A \times 2 - 65 \times 2 - 130 \times 1,2 \\
&- 65 \times 0,4 \\
&= 325 \times 2 - 130 - 156 - 26 \\
&= 650 - 130 - 156 - 26 \\
&= 338 \text{ kg.m} \\
M_{gCB} &= - V_B \times 2 + 65 \times 2 + 130 \times 1,2 \\
&+ 65 \times 0,4 \\
&= - 325 \times 2 + 130 + 156 + 26 \\
&= - 650 + 130 + 156 + 26 \\
&= - 338 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

Momen M_c : Akibat beban merat

$$\begin{aligned}
W = w_{tot} &= 134,4 \text{ kg/m} \\
M_{cw} &= \frac{1}{8} \times q w_{tot} \times l^2 \times f_k \\
&= \frac{1}{8} \times 134,4 \times 4^2 \times 1,2 \\
&= 322,56 \text{ kg.m} \\
M_{Ctot} &= M_{gC} + M_{cw} \\
&= 338 \text{ kg.m} + 322,56 \text{ kg.m} \\
&= 660,56 \text{ kg.m} \\
&= 660,56 \times 10^2 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

- Dimensi profil gording

Bahan mutu baja Bj 33 maka, tegangan ijin yang terjadi adalah
 $f_s = 85\% \text{ dari } f_y$
 $= 85\% \times 2000 \text{ kg/cm}^2$
 $\rightarrow (\text{Lihat Tabel 2.6})$
 $= 1700 \text{ kg/cm}^2$

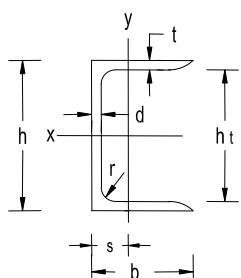
Momen nominal pada gording

$$\begin{aligned}
M_n &= \frac{M_{Ctot}}{f_s} \\
&= \frac{660,56 \times 10^2}{0,90} \\
&= 73.395,555 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

Kita coba dengan baja kanal CNP

$$\begin{aligned}
W &= \frac{MB}{f_s} \\
&= \frac{73.395,555 \text{ kg.cm}}{1700 \text{ kg/cm}^2} \\
&= 43,173 \text{ cm}^3 \\
&\rightarrow \text{lihat pada table profil baja kanal CNP}
\end{aligned}$$

Coba dengan profil C.10



Gambar 4.5. Penampang profil C

$$\begin{aligned}
h &= 100 \text{ mm} \\
I_x &= 206 \text{ cm}^4 \\
b &= 50 \text{ mm} \\
W_x &= 41,2 \text{ cm}^3 \\
d &= 6 \text{ mm} \\
I_y &= 29,3 \text{ cm}^4 \\
t_i &= 8,5 \text{ m} \\
W_y &= 8,49 \text{ cm}^3 \\
\text{Berat/m} &= 10,6 \text{ kg/m} \\
A_s &= 13,5 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

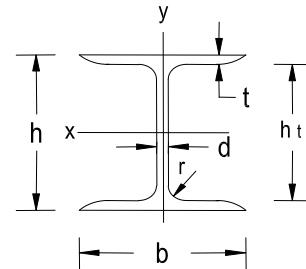
Kontrol tegangan yang terjadi :

tegangan yang ada \leq tegangan ijin baja

$$\begin{aligned}
\sigma_a &\leq f_s \\
\frac{M_g}{W_x} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
\frac{73.395,555 \text{ kg.cm}}{41,2 \text{ cm}^3} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
1781,445 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

\rightarrow Dicoba dengan profil I.N.P

\rightarrow lihat pada table profil baja I.N.P



Gambar 4.6. Penampang profil INP

$$\begin{aligned}
h &= 120 \text{ mm} \\
I_x &= 328 \text{ cm}^4 \\
h_t &= 104,6 \text{ mm} \\
W_x &= 54,7 \text{ cm}^3 \\
b &= 58 \text{ mm} \\
I_y &= 21,5 \text{ cm}^4 \\
d &= 5,1 \text{ mm} \\
W_y &= 7,41 \text{ cm}^3 \\
t &= 7,7 \text{ mm} \\
S_x &= 31,8 \text{ cm}^2 \\
\text{Berat/m} &= 11,2 \text{ kg/m} \\
A_s &= 31,8 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

- Kontrol tegangan yang terjadi :

Tegangan akibat momen
tegangan yang ada \leq tegangan ijin
baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &\leq f_s \\
 \frac{Mg}{wx} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
 \frac{73.395,555 \text{ kg.cm}}{54,7 \text{ cm}^3} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
 1341,78334 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tegangan geser yang terjadi akibat gaya lintang atau reaksi perletakan.

Gaya Lintang 1 sisi $\rightarrow V_A = V_B$

$$\begin{aligned}
 V_A = V_B &= (65 + 130 + 130 + 130 \\
 &+ 130 + 65) / 2 \\
 &= 352 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Reaksi perletakan dalam 1 titik gording akibat pembebahan pada kaso adalah 2

$$\begin{aligned}
 V_A &= 2 V_B \\
 2 V_A &= 2 \times 325 \text{ kg} \\
 &= 650 \text{ kg} \rightarrow
 \end{aligned}$$

Adalah beban titik reaksi perletakan pada gording dengan kondisi ultimate belum termasuk berat sendiri gording I.N.P.20

Sehingga, berat profil I.N.P

$$\begin{aligned}
 &= bs \times \frac{1}{2} \times f_k \\
 &= \frac{11,2 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}}{2} \times 1,2 \\
 &= 26,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, beban ultimate pada perletakan gording adalah

$$\begin{aligned}
 V_{AU} &= V_A \times bs \\
 &= 650 \text{ kg} \times 26,88 \text{ kg} \\
 &= 676,88 \text{ kg} \approx 677 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tegangan geser rata-rata yang terjadi

$$\begin{aligned}
 \frac{\tau_r}{VAU} &\leq 0,66 \times f_s' \\
 \frac{As}{As} &\leq 0,66 \times 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
 \frac{676,88 \text{ kg}}{14,2 \text{ cm}^2} &\leq 1122 \text{ kg/cm}^2 \\
 47,66 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1122 \text{ kg/cm}^2 \\
 \rightarrow \text{Ok aman}
 \end{aligned}$$

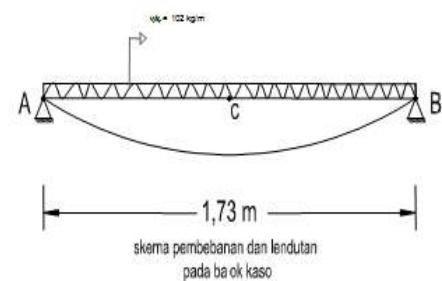
- Tegangan ideal

$$\begin{aligned}
 \sigma_i &= \sqrt{\sigma^2 \times 3 \cdot \tau \text{ maks}} \leq f_s' \\
 &= \sqrt{\sigma a^2 \times 3 \cdot \tau \text{ maks}} \leq f_s' \\
 &= \sqrt{1341,7834^2 \times 3.128,67} \leq 1700 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 1341,831 \text{ kg/cm}^2 \leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$$

Jadi gording digunakan profil tipe INP.120 cukup kuat

Kontrol lendutan profil yang terjadi pada gording baja



Gambar 4.7. Skema pembebahan dan lendutan pada balok kas

Beban titik pada masing – masing rang jadikan beban merata sebesar $w_{tot} = 134,4 \text{ kg/m} = 1,344 \text{ kg/cm}$. Sehingga lendutan yang terjadi pada gording

$$\Delta c = \frac{5 \times W_{tot} x L^3}{384 E_s x I_x}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 E_s &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_x &= 328 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\Delta c = \frac{5 \times 1,344 \times 400^3}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 328}$$

$$\Delta c = 0,00163 \text{ cm}$$

$$\text{Dimana : } \overline{\Delta} = \frac{1}{125} \times l = 0,00308 l$$

Karena :

$$\Delta c < \overline{\Delta}$$

Maka :

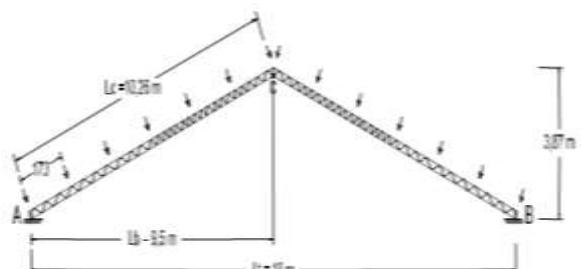
$$0,00163 \text{ cm} < 0,00308 \times l$$

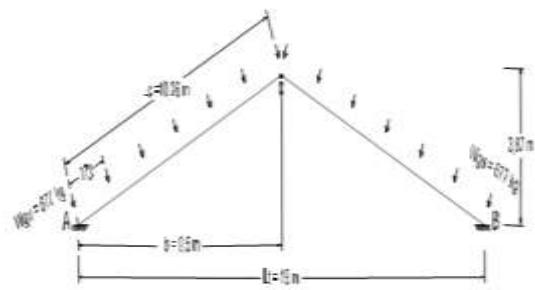
$$0,00163 \text{ cm} < 0,00308 \times 400 \text{ cm}$$

$$0,00163 \text{ cm} < 1,232 \text{ cm}$$

\rightarrow Oke Aman!!

4.5 Analisa Struktur Profil Kuda-kuda





Gambar 4.8. Kuda-kuda dan pembebangan

a) Pembebangan

Beban Reaksi perletakan gording $w_{gu} = 677 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Beban total reaksi perletakan gording} \\ Q_u &= w_{gu} \times 7 \cdot (2) \\ &= 677 \times 7 \cdot (2) \\ &= 9468 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk memudahkan perhitungan beban terpusat Q_u dijadikan beban merata sepanjang $L_t = 19 \text{ m}$. maka, beban merata :

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{Qu}{Lt} \\ &= \frac{9.468}{19 \text{ m}} \\ &= 498,8425 \text{ kg/m} \\ &\approx 500 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Berat sendiri kuda-kuda q_k
(ditaksir)
= 150 kg/m
-

$$q = 650 \text{ kg/m}$$

- Beban mati plafond dan penggantung kondisi *ultimite* = 20 kg/m^2 dan jarak kuda-kuda = 4 m

Beban merata plafond

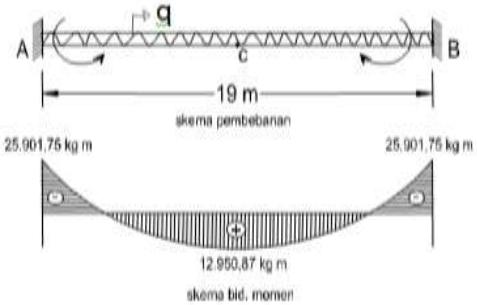
$$\begin{aligned} (w_{pu}) &= 1,2 \times V_{pf} \times 4 \text{ m} \\ (w_{pu}) &= 1,2 \times 20 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m} \\ &= 96 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Jaringan listrik / penerangan (diestimasikan)
 $V_{il} = 15 \text{ kg/m}$
 - Jaringan instalasi AC (diestimasikan)
 $V_{AC} = 100 \text{ kg/m}$
-

$$q_k = 861 \text{ kg/m}$$

b) Momen dan gaya lintang

Beban merata sebesar $q_k = 861 \text{ kg/m}$ dan $l_t = 19 \text{ m}$ seperti sketsa pembebangan dibawah ini :



Gambar 4.9. Asumsi monem plastis pada benang A-B

Berdasarkan momen *cross* maka momen *cross* nya adalah : (dapat dilihat di buku teknik sipil)

Berdasarkan metode baja plastis maka :

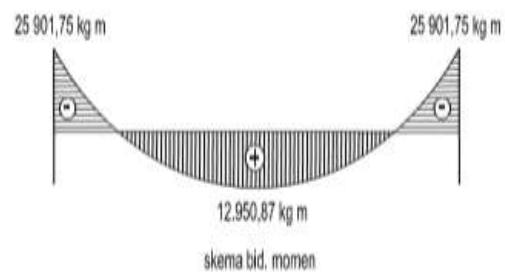
Momen plastis di titik A = momen plastis di titik B

$$\begin{aligned} M_{AB} &= M_{BA} = - \frac{1}{12} \cdot q_k \cdot l_t^2 \\ &= - \frac{1}{12} \cdot 861 \text{ kg/m} \cdot 19 \text{ m}^2 \\ &= - 25.901,75 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen di titik C (M_c) adalah momen di puncak kuda-kuda

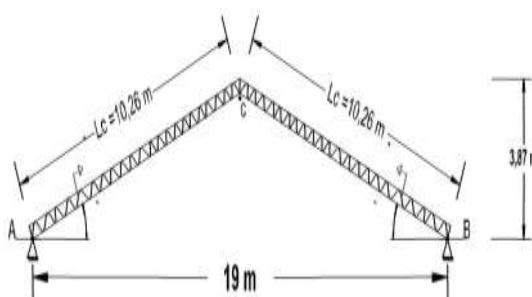
$$\begin{aligned} M_c &= \frac{1}{24} \cdot q_k \cdot l_t^2 \\ &= \frac{1}{24} \cdot 861 \text{ kg/m} \cdot 19^2 \text{ m}^2 \\ &= 12.950,875 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Asumsi momen plastis



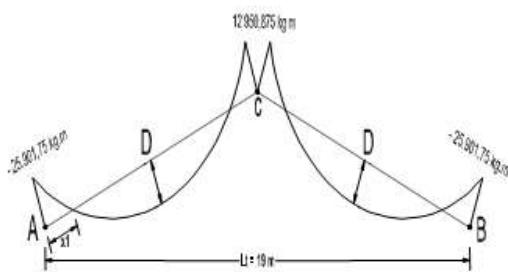
Gambar 4.10. Bidang momen A dan B

Kondisi asli atau sebenarnya



Gambar 4.11. Beban kuda-kuda

- Mencari sudut kemiringan (α)



Gambar 4.12 Bidang momen sementara

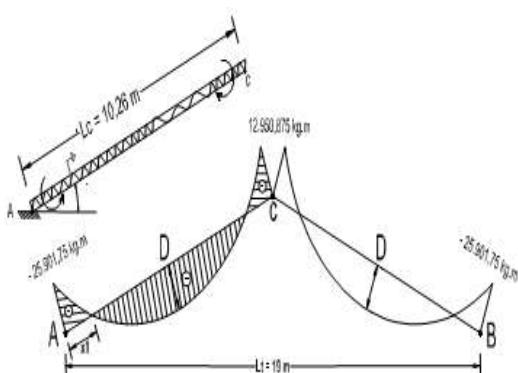
$$\begin{aligned}\text{Tangen } \alpha &= \frac{t}{\frac{1}{2} \cdot l_t} \\ &= \frac{3,87 \text{ m}}{\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ m}} \\ &= 0,40736842^\circ \\ &= 22^\circ 9' 52''\end{aligned}$$

Momen maksimal di titik D \rightarrow kemungkinan akan terjadi dua kondisi pembebasan :

- Pada saat titik AC saja = berupa konsol
- Pada saat titik ABC = sudah beban segitiga

Di selesaikan dengan :

Freebody AC atau BC



Gambar 4.12. Pembebanan dan momen

Momen di titik D atau momen maksimum di tengah bentang AC

$$\begin{aligned}M_{dm} &= \frac{1}{24} \cdot q \cdot l_c^2 \\ &= \frac{1}{24} \cdot 861 \text{ kg/m} \cdot 10,26 \text{ m}^2 \\ &= 3.776,4751 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Reaksi perletakan di titik A = di titik B

Gaya lintang di titik A = di titik C \rightarrow berarti $V_A = V_C \rightarrow$ asumsi beban bolak-balik

$$\begin{aligned}V_A &= \sin \alpha \times l_c \times q_k \\ &= \sin 22^\circ 9' 52'' \times 10,26 \text{ m} \times 861 \text{ kg/m} \\ &= 0,37727 \times 10,26 \text{ m} \times 861 \text{ kg/m} \\ &= 3.332,716 \text{ kg} \quad = \text{Sebagai reaksi } \downarrow \\ &\quad (-)\end{aligned}$$

perletakan yang menekan kolom di titik A dan B

Reaksi horizontal

$$\begin{aligned}H_A &= \cos \alpha \times l_c \times q_k \\ &= \cos 22^\circ 9' 52'' \times 10,26 \text{ m} \times 861 \text{ kg/m} \\ &= 0,9261 \times 10,26 \text{ m} \times 861 \text{ kg/m} \\ &= 8.181,0377 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pembuktian atau kontrol bahwa beban miring segitiga ABC akan kembali menjadi beban garis lurus seperti yang kita misalkan

$$\begin{aligned}Q_k &= l_c \times q_k \\ &= 10,26 \text{ m} \times 861 \text{ kg/m} \\ &= 8.833,86 \text{ kg}\end{aligned}$$

Bawa beban Q terpusat sepanjang AC+CB adalah beban sepanjang AB

Q sesuai sudut $\alpha \rightarrow Q$

$$\begin{aligned}&= \sqrt{VA^2 + HA^2} \\ &= \sqrt{3.332,716 \text{ kg}^2 + 8.181,0377 \text{ kg}^2} \\ &= 8.833,8198 \text{ kg} \approx 8.833,82 \text{ kg}\end{aligned}$$

Terbukti bahwa

$$\begin{aligned}Q &= Q_k \\ 8.833,86 \text{ kg} &= 8.833,82 \text{ kg}\end{aligned}$$

c) Mendimensi profil kuda-kuda

- Ditinjau dari titik A

$$\begin{aligned}M_{AC} &= 25.901,75 \text{ kg.m} \\ &= 25.901,75 \times 10^2 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

Factor reduksi kekuatan bahan $\phi = 90\%$
Bahan mutu baja Bj 33 maka, tegangan ijin yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}f_s &= 85\% \text{ dari } f_y \\ &= 85\% \times 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ &\rightarrow (\text{Lihat Tabel 2.6}) \\ &= 1700 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Momen nominal pada kuda-kuda

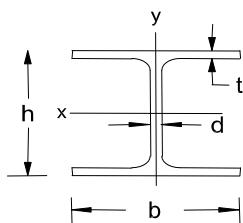
$$\begin{aligned} Mn &= \frac{M_{ctot}}{\phi} \\ &= \frac{25.901,75 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{0,90} \\ &= 28.779,772 \times 10^2 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Kebutuhan kekokohan profil

$$\begin{aligned} W &= \frac{MB}{fs} \\ &= \frac{28.779,772 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{1700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \\ &= 1.692,927 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

→ lihat pada table profil baja

Coba dengan profil S20 x 65,4



Gambar 4.13. Penampang profil S20 x 65,4

$$h = 50,8 \text{ cm}$$

$$I_x = 49.115 \text{ cm}^4$$

$$b = 15,8 \text{ cm}$$

$$W_x = 1.933 \text{ cm}^3$$

$$d = 12,70 \text{ mm}$$

$$I_y = 1.140,4 \text{ cm}^4$$

$$t_i = 20,04 \text{ mm}$$

$$W_y = 143 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat/m} = 97,3 \text{ kg/m}$$

$$A_s = 123,87 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen :

tegangan yang ada ≤ tegangan ijin baja

$$\sigma_a \leq fs$$

$$\frac{M_g}{w_x} \leq 1700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{28.779,772 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{1.933 \text{ cm}^3} \leq 1700 \text{ kg/cm}^2$$

$$1.489,00 \text{ kg/cm}^2 \leq 1700 \text{ kg/cm}^2$$

→ Ok Ama!!!

- Kontrol terhadap tegangan geser yang terjadi akibat gaya lintang dan gaya horizontal :

$$A = V_A = V_B = 3.332,716 \text{ kg}$$

$$H_A = H_B = 8.181,0377 \text{ kg}$$

Maka yang berlaku adalah H_A

Tegangan geser ada ≤ Tegangan geser ijin

$$\tau_a \leq \tau_i$$

$$\frac{HA}{As} \leq 0,66 \times 2000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{8.181,0377 \text{ kg}}{123,87 \text{ cm}^2} \leq 1320 \text{ kg/cm}^2$$

$$66,0453 \text{ kg/cm}^2 \leq 1320 \text{ kg/cm}^2$$

→ Kontrol tegangan ideal

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma a^2 + 3 \cdot \tau maks} \leq fs \\ &= \sqrt{1.489^2 + 3 \cdot (66,0453)^2} \leq fs \\ &= 1.493,38 \text{ kg/cm}^2 \leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\ &\rightarrow \text{Ok Aman!!!} \end{aligned}$$

- Ditinjau dari titik D

$$\begin{aligned} M_D &= 3.776,4751 \text{ kg.m} \\ &= 3.776,4751 \times 10^2 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan bahan

$$\phi = 90 \%$$

Bahan mutu baja Bj 33 maka, tegangan ijin yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} fs &= 85 \% \text{ dari } fy \\ &= 85 \% \times 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ &\quad (\text{Lihat Tabel 2.6}) \\ &= 1700 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal pada kuda-kuda

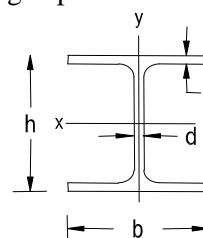
$$\begin{aligned} Mn &= \frac{M_{ctot}}{\phi} \\ &= \frac{3.776,4751 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{0,90} \\ &= 4.196,083 \times 10^2 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Kebutuhan kekokohan profil

$$\begin{aligned} w &= \frac{Mn}{fs} \\ &= \frac{3.776,4751 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{1700 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 248,828 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

→ lihat pada tabel profil baja

Coba dengan profil S10 x 25,4



Gambar 4.14. Penampang profil S10 x 25,4

$$\begin{aligned}
h &= 25,4 \text{ cm} \\
I_x &= 6.118 \text{ cm}^4 \\
b &= 12,5 \text{ cm} \\
W_x &= 481 \text{ cm}^3 \\
d &= 15,08 \text{ mm} \\
I_y &= 347,9 \text{ cm}^4 \\
t_i &= 12,47 \text{ mm} \\
W_y &= 55,8 \text{ cm}^4 \\
\text{Berat/m} &= 37,8 \text{ kg/m} \\
A_s &= 48,13 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
h &= 38,1 \text{ cm} \\
I_x &= 18.605 \text{ cm}^4 \\
b &= 13,9 \text{ cm} \\
W_x &= 976 \text{ cm}^3 \\
d &= 15,79 \text{ mm} \\
I_y &= 599,3 \text{ cm}^4 \\
t_i &= 10,44 \text{ mm} \\
W_y &= 85,7 \text{ cm}^4 \\
\text{Berat/m} &= 63,8 \text{ kg/m} \\
A_s &= 81,29 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen di titik D :

Tegangan yang ada \leq tegangan ijin baja

$$\begin{aligned}
\sigma_a &\leq f_s \\
\frac{Mg}{wx} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
\frac{4.196,083 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{481 \text{ cm}^3} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
872,3665 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
\rightarrow \text{Ok Aman!!!}
\end{aligned}$$

- Ditinjau dari titik C

$$\begin{aligned}
M_c &= 12.950,875 \text{ kg.m} \\
&= 12.950,875 \times 10^2 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan bahan

$$\phi = 90\%$$

Bahan mutu baja Bj 33 maka, tegangan ijin yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
f_s &= 85\% \text{ dari } f_y \\
&= 85\% \times 2000 \text{ kg/cm}^2 \\
&\rightarrow (\text{Lihat Tabel 2.6}) \\
&= 1700 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

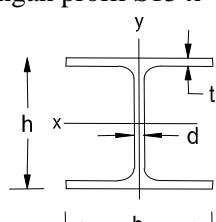
Momen nominal pada kuda-kuda

$$\begin{aligned}
M_n &= \frac{M_{ctot}}{\phi} \\
&= \frac{12.950,875 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{0,90} \\
&= 14.389,861 \times 10^2 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

Kebutuhan kekokohan profil

$$\begin{aligned}
W &= \frac{M_n}{f_s} \\
&= \frac{14.389,861 \times 10^2 \text{ kg.cm}}{1700 \text{ kg/cm}^2} \\
&= 846,462 \text{ cm}^3 \\
\rightarrow \text{lihat pada tabel profil baja}
\end{aligned}$$

Coba dengan profil S15 x 42,9



Gambar 4.15. Penampang profil S15 x 42,9

Kontrol tegangan yang terjadi
tegangan yang ada \leq tegangan ijin baja

$$\begin{aligned}
\frac{\sigma_a}{M_{nc}} &\leq f_s \\
\frac{wx}{14.389,861 \times 10^2 \text{ kg.cm}} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
\frac{976 \text{ cm}^3}{1474,371 \text{ kg/cm}^2} &\leq 1700 \text{ kg/cm}^2 \\
\rightarrow \text{Ok aman dan Kuat !!!} \\
&(Tidak ada gaya lintang)
\end{aligned}$$

- Menentukan momen = 0 di batang AC pada interval

$$\begin{aligned}
X_1 &= 0,2112 \times l_c \\
&= 0,2112 \times 10,26 \text{ m} \\
&= 2,1679 \text{ m} \approx 220 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Jadi gambar sketsa hasil perhitungan kuda-kuda

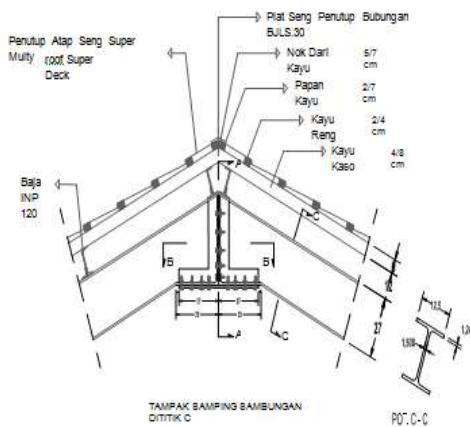


Gambar 4.16. Perencanaan penampang kuda-kuda

- Tinggi Profil di titik A = Tinggi Profil titik B $\rightarrow h = 50,8 \text{ cm}$
- Tinggi Profil di titik D = Tinggi Profil titik D $\rightarrow h = 25,4 \text{ cm}$
- Tinggi Profil di titik C = Tinggi Profil titik C $\rightarrow h = 38,1 \text{ cm}$
- Jarak sambungan Profil AD = DB = 220 cm
- Jarak sambungan Profil EC $\frac{1}{2} \cdot 220 = 110 \text{ cm}$
- Sudut $\alpha = 22^\circ 9' 52''$

- d) Perhitungan plat penyambung dan kekuatan mur baut pada titik C.

d.1. Menentukan tebal DE



Gambar 4.17. Tampak samping sambungan dititik C

Data-data :

- Lebar plat b = 12,5 cm
 - Tebal plat d =? cm → yang dicari
 - Gaya yang bekerja di titik C :

Gaya tarik horizontal kondisi *ultimite* $H_a = 8.181,0377 \text{ kg}$

Momen ($M_n = 28.779,772 \times 10^2 \text{ kg.cm}$)
 Mutu bahan baja B_j . 33 → maka
 tegangan ijin baja
 $f_s = 1700 \text{ kg/cm}^2$

maka dimensi plat profil penyambung

$$Ap = \frac{H}{f_s} \dots$$

$\rightarrow \neq (b \times d)$

$$(b \times d) \text{ cm}^2$$

$$= 8.181,0377 \text{ kg} / 1700 \text{ kg/cm}^2$$

$$(12,5 \times d) \text{ cm}^2 = 4,81 \text{ cm}^2$$

$d = 0,384 \text{ cm} \rightarrow$ alternatif 1

$$I_p = \frac{M_n}{f_s} \dots$$

$\rightarrow \neq (b \times d)$

$$fs \times 1/12 \times d \times h^3 = ((28.779,772 \times 10^2 \text{ kg.cm} / 2) \times 0,5h \text{ cm})$$

$$1700 \times 1/12 \times 38^3 \times d = 27340783,40 \text{ cm}^2$$

$$7773533.333x \text{ d} = 27340783.40 \text{ cm}^2$$

$$d = \frac{27340783,40}{7773533,333}$$

d = 3,51 cm

Jadi tebal plat dapat diambil antara 0,384 cm - 3,51 cm maka diambil tebal plat = 1,5 cm, hal tersebut dikarenakan :

1. Karena umumnya tersedia di pasaran tebal plat ukuran 1,5 cm.
 2. Untuk tebal plat 0,384 cm sebenarnya memenuhi syarat sehingga lebih aman jika menggunakan plat yang lebih tebal.
 3. Fungsi plat di titik C sebenarnya hanya untuk memudahkan saat pemasangan kuda-kuda baja sehingga cukup menggunakan tebal plat 1,5 cm agar tidak boros.
 4. Karena tebal flans dititik C 1,5 cm, maka untuk menambah nilai estetikanya diambil ukuran plat yang sama yaitu tebal 1,5 cm

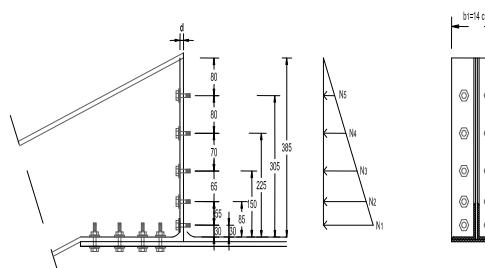
d.2. Menentukan dimensi murbaut

- Bahan mur baut (baut tipe A325) dengan tegangan baja baut = 825 Mpa = fsd = 8250 kg/cm² (Lihat Tabel 2.7)
 - Diameter baut Ød = 16 mm = 1,6 cm
 - Luas penampang baut Ab = $\frac{1}{4}\pi (\text{Ød}^2) = 2,01 \text{ cm}^2$
 - Jarak antar murbaut a ≥ 3 x diameter baut dan tidak boleh kurang $\leq 1,5$ untuk baut tepi dan tidak boleh (1,5 tebal paling tertipis)
 - Kontrol jarak baut :

$$a_1 = 4,5 \text{ cm} \rightarrow \hat{a}_1 = \frac{a_1}{\varnothing d} = \frac{4,5}{1,6} = 2,81 \rightarrow \text{ok}$$

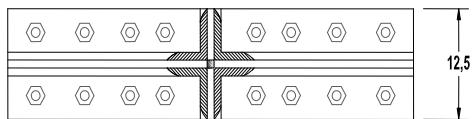
$$a_2 = 5 \text{ cm} \rightarrow \hat{a}_2 = \frac{a^2}{\varnothing d} = \frac{5}{1,6} = 3,12 \rightarrow \text{ok}$$

- Gambar rencana tata letak mur baut



Tampak samping mur hau

Sekema Gaya Tarik Raut Tampak mur haut



POT. B - B

Gambar 4.18. Perencanaan tata letak mur baut

Tabel hirarki mur baut di titik C

| | | | |
|-------------------------|---------------------|-----------|-----------------|
| (11) ² | = 3 ² | = 9 | cm ² |
| (12) ² | = 8,5 ² | = 72,25 | cm ² |
| (13) ² | = 15 ² | = 225,0 | cm ² |
| (14) ² | = 22,5 ² | = 506,25 | cm ² |
| (15) ² | = 30,5 ² | = 930,25 | cm ² |
| | | + | |
| Σli | | = 1742,75 | cm ² |

Gaya tarik terbesar pada N1

$$\begin{aligned} &= \frac{Mn \times 15}{\Sigma li} \\ &= \frac{(28779,772 \times 10^2) \times 30,5}{1742,75} \\ &= 50.367,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya 1 baut \rightarrow p1

$$\begin{aligned} &= \frac{N1}{nb} \\ &= \frac{50.367,69}{(5+5)} \\ &= 5.036,769 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya baut akibat reaksi perletakan

$$\begin{aligned} &\rightarrow V_1 \\ &= \frac{Vu}{nb} \\ &= \frac{3.332,716 \text{ kg}}{(5+5)} \\ &= 333,2716 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi pada baut

- a) Akibat tegangan tumpu
- b) \rightarrow cari gaya terbesar pada baut yaitu $p1 = 5.036,769 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \sigma_{tp} &= \frac{p1}{\varnothing d \times d} \\ &= \frac{5.036,769}{1,6 \times 1,5} \\ &= 2.098,66 \text{ kg/cm}^2 < fsd \\ &< 8250 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi baut tipe A325 diameter 16 mm cukup kuat sebagai sambungan kopel pada titik C.

- c) Akibat tegangan tarik pada baut

$$\sigma_{tr} = \frac{p1}{Ab}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5.036,769}{2,01} \\ &= 2.505,8552 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- d) Tegangan geser akibat gaya satu baut \rightarrow 2 plat kopel berdampingan berarti Baut berpotongan tunggal = (1)

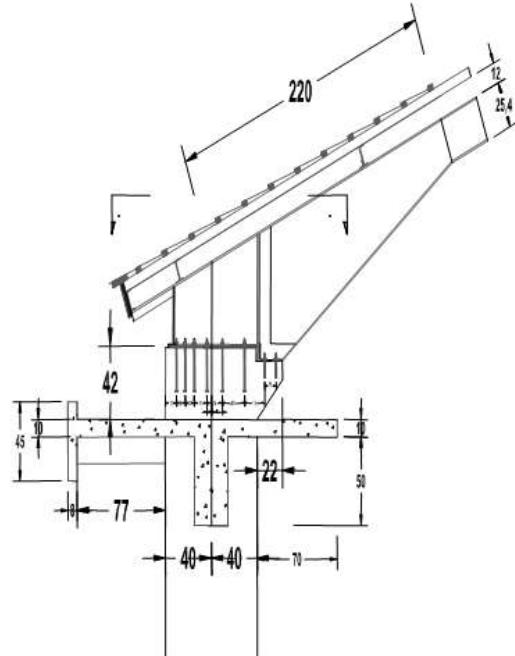
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{V}{(1) \times Ab} \\ &= \frac{3.332,716 \text{ kg}}{(1) \times Ab} \\ &= \frac{3.332,716 \text{ kg}}{(1) \times 2,01} \\ &= 1.658,0677 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- e) Tegangan idil pada baut $\rightarrow \sigma_i$

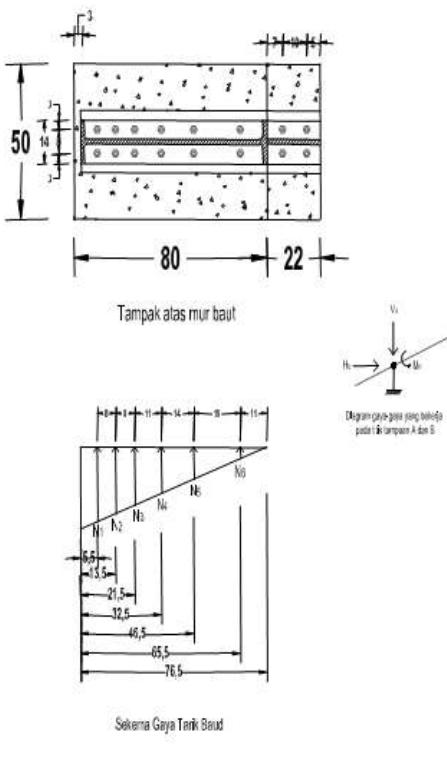
$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\sigma tr^2) + 3 \times (\tau)^2} \\ &= \sqrt{(2.505,8552^2) + 3 \times (1.658,0677)^2} \\ &= 3.811,413 \text{ kg/cm}^2 < fsd \\ &< 8250 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

\rightarrow Ok aman dan Kuat !!!

Perhitungan murbaut di titik A = di titik B



Gambar 4.19. Posisi murbaut pada tumpuan atau reaksi perletakan di titik A dan titik B



Gambar 4.20. Tampak atas mur baut dan skema gaya tarik baut

Tabel hirarki mur baut di titik A dan B (di tumpuan)

$$\begin{aligned}
 (\ell 1)^2 &= 5,5^2 = 30,25 \text{ cm}^2 \\
 (\ell 2)^2 &= 13,5^2 = 182,25 \text{ cm}^2 \\
 (\ell 3)^2 &= 21,5^2 = 462,25 \text{ cm}^2 \\
 (\ell 4)^2 &= 32,5^2 = 1.056,25 \text{ cm}^2 \\
 (\ell 5)^2 &= 46,5^2 = 2.162,25 \text{ cm}^2 \\
 (\ell 6)^2 &= 65,5^2 = 4.290,25 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\Sigma \ell_{ia} = 8.183,5 \text{ cm}^2$$

Parameter momen yang bekerja di titik A :

- Reaksi perletakan :

$$\begin{aligned}
 V_u &= 3.332,72 \text{ kg} \\
 H_a &= 8.833,82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya vektor →

$$\begin{aligned}
 R_a &= \sqrt{(H_a^2 + V_u^2)} \\
 &= \sqrt{(8.833,82^2 + 3.332,72^2)} \\
 &= 9.441,578 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen $M_n = 2.5901,75 \text{ kg.m}$
 $= 2.590,175 \text{ kg.cm}$
- Bahan murbaut (baut tipe A325) dengan tegangan baja baut = 825 Mpa = fsd = $8250 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$ (Lihat Tabel 2.7)
- Diameter baut $\varnothing d = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$

- Luas penampang baut $Ab = \frac{1}{4} \pi (\varnothing d)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Gaya tarik terbesar pada

$$\begin{aligned}
 N1 &= \frac{Mn \times \ell 6}{\Sigma lia} \\
 &= \frac{(2.5901,75 \times 10^2) \times 65,5}{8.183,5} \\
 &= 20.731,528 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya 1 baut →.....

$$\begin{aligned}
 p1 &= \frac{N1}{nb} \\
 &= \frac{20.731,528}{(6+6)} \\
 &= 1.727,6273 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya baut akibat reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 V1 &= \frac{Ra}{nb} \\
 &= \frac{9.441,578}{(6+6)} \text{ kg} \\
 &= 786,7981 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi pada baut

- a. Akibat tegangan tumpu → cari gaya terbesar pada baut yaitu

$$p1 = 1.727,6273 \text{ kg}$$

$$\sigma_{tp} = \frac{p1}{\varnothing d \times d}$$

$$= \frac{1.727,6273}{1,6 \times 1,5}$$

$$= 719,8447 \text{ kg/cm}^2 < \text{fsd} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi baut tipe A325 diameter 16 mm cukup kuat sebagai landasan tumpuan pada titik A dan titik B.

- b. Akibat tegangan tarik pada baut

$$\begin{aligned}
 \sigma_{tr} &= \frac{p1}{Ab} \\
 &= \frac{1.727,6273}{2,01} \\
 &= 859,516 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- c. Tegangan geser akibat gaya satu baut → 2 plat kopel berdampingan berarti Baut berpotongan tunggal = (1)

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{p1}{(1) \times Ab} \\
 &= \frac{1.727,6273}{(1) \times 2,01}
 \end{aligned}$$

$$= 859,516 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{1.727,6273}{(1) \times 2,01}$$

$$= 859,516 \text{ kg/cm}^2$$

- d. Tegangan idil pada baut →

$$\begin{aligned}
 \sigma_i &= \sqrt{(\sigma_{tr}^2) + 3 \times (\tau)^2} \\
 &= \sqrt{(859,516^2) + 3 \times (859,516)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 1.215,539 \text{ kg/cm}^2 < \text{fsd} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Ok aman dan Kuat !!!}$$

e) Menghitung sambungan las

1. Sambungan las di titik C

Diketahui :

Jenis las : las sudut (45°)

Mutu las : $\sigma_{las} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

Mutu baja : $852 \text{ Mpa} = 8520 \text{ kg/cm}^2$

Tipe baja di titik C = S15 x 42,9

Reaksi perl letakan di titik

$V_C = 3332,71 \text{ kg} \approx 3333 \text{ kg}$

Arah gaya V sejajar retak bidang las
: $a = 45^\circ$. $P = 0,71 \sigma_{las} A$

$$A = \frac{V}{0,71 \times 1600}$$

$$= \frac{3333}{0,71 \times 1600} = 2,9339 \text{ cm}^2$$

$$A = a1 = 3 \text{ cm}^2$$

Imak = $40 a$; kalau dihitung dengan netto maka :

$I_n \text{ mak} = 40a - 3a = 37a$

$$a \times 37 a = 3 \rightarrow 37 a^2 = 3$$

$$\rightarrow a^2 = \frac{3}{37} = 0,082$$

$$a = 0,28 \text{ cm} \rightarrow 3 \text{ mm}$$

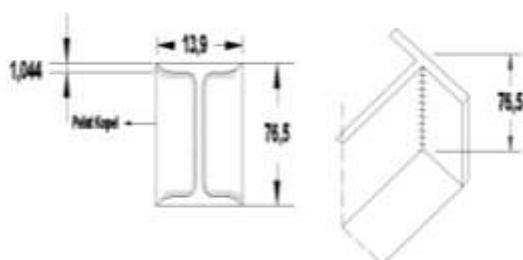
syarat :

$$a \leq \frac{1}{2} S \sqrt{2} > a$$

$$\frac{1}{2} \times 15 \times \sqrt{2} > 3 \text{ mm}$$

$$10,6 > 3 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai panjang las Ibr = $40 \times 3 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$ dengan tebal $a = 4 \text{ mm}$



Gambar 4.21. Sambungan las dititik C

2. Sambungan las di titik B = A

Diketahui :

Jenis las : las sudut (45°)

Mutu las : $\sigma_{las} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

Mutu baja : $852 \text{ Mpa} = 8520 \text{ kg/cm}^2$

Tipe baja di titik B = S20 x 65,4

Reaksi perl letakan di titik B = A

$$V_C + V_B = 3333 \text{ kg} + 8884 \text{ kg}$$

$$= 12.217 \text{ kg}$$

Arah gaya V sejajar retak bidang las :

$a = 45^\circ$. $P = 0,71 \sigma_{las} A$

$$A = \frac{V}{0,71 \times 1600}$$

$$= \frac{12.217}{0,71 \times 1600} = 13,353 \text{ cm}^2$$

$$A = a1 = 14 \text{ cm}^2$$

Imak = $40 a$; kalau dihitung dengan netto maka :

$I_n \text{ mak} = 40a - 3a = 37a$

$$a \times 37 a = 14 \rightarrow 37 a^2 = 14 \rightarrow a^2 = \frac{14}{37} = 0,3784$$

$$a = 0,6151 \text{ cm} \rightarrow 7 \text{ mm}$$

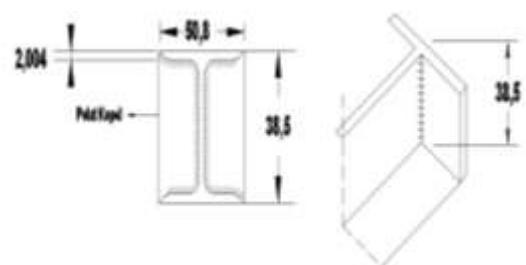
syarat :

$$a \leq \frac{1}{2} S \sqrt{2} > a$$

$$\frac{1}{2} \times 15 \times \sqrt{2} > 6 \text{ mm}$$

$$10,6066 > 6 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai panjang las Ibr = $40 \times 7 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$ dengan tebal $a = 7 \text{ mm}$



Gambar 4.22. Sambungan las dititik B = A

f) Menghitung daya lekat beton pada mur baut tanam di tumpuan A dan B

Diketahui :

- Tegangan pada baut (baut tipe A325) = $\text{fsd} = 825 \text{ Mpa} = 8520 \text{ kg/cm}^2$

- Gaya tarik beton = $\emptyset = \text{beton K.}275 = 0,48 \sqrt{275} = 7,96 \approx 8 \text{ kg/cm}^2$

- Keliling lingkaran baut = $\pi d \rightarrow$ dengan $d = 1,6 \text{ mm} = \pi \times 1,6 \text{ cm} = 5,0265$

- Gaya 1 baut titik A dan B (P1) = $1.727,627 \text{ kg}$

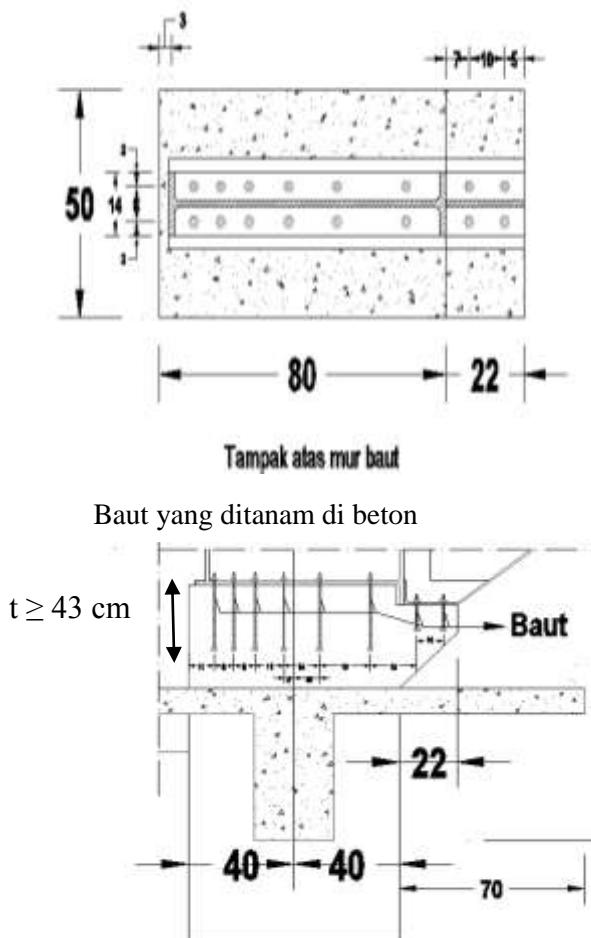
- $P1 = \text{keliling lingkaran} \times t \times \emptyset$

$$1.727,627 \text{ kg} = 5,0265 \times t \times 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$1.727,627 \text{ kg} = t \times 40,212$$

$$t = \frac{1.727,627}{40,212} = 42,9629 \approx 43 \text{ cm}$$

BAB V PENUTUP



Jadi, baut yang ditanam di beton harus $\geq 43 \text{ cm}$

Gambar 4.23. Daya lekat baut pada beton

Berdasarkan hasil perhitungan untuk mendimensi baja maka :

Tabel 4.2. Resume analisa rangka atap menggunakan konstruksi baja

| Nama Item | Profil | Keterangan |
|-------------------------|-----------------|---|
| Gording | INP.12 | |
| <u>Kuda-kuda</u> | | |
| 1. Titik A = B | S.20 x 65 | Seperti gambar hasil perhitungan |
| 2. Titik D = E | S.10 X 25,4 | |
| 3. Titik C | S.15 x 42,9 | |
| 4. Baut tanam kuda-kuda | Diameter 1,6 cm | Harus ditanam di dalam beton pada kedalaman $t \geq 43$ |

5.1. Kesimpulan

Analisa struktur rangka atap Universitas Muara Bungo dengan rangka kuda-kuda *type Single Frame Beam* menggunakan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*), pada analisa struktur atap rangka atap ini digunakan konstruksi kayu, baja konvensional dan penutup atap dari bahan seng *superdeck*. Dimensi reng hasil dari perhitungan adalah lebar 2 cm dan tinggi 4 cm dan dimensi kasos adalah lebar 4 cm dan tinggi 8 cm menggunakan bahan dari kayu kelas II dengan tegangan lentur ijin (σ_i) = 100 kg/cm².

Berdasarkan hasil perhitungan analisa struktur atap gedung rektorat ini juga menggunakan bahan baja konvensional dengan gording jenis profil INP.120, Kuda-kuda menggunakan jenis profil dititik A=B S.20 x 65 , dititik D = E S.10 x 25,4 dan dititik C S.15 x 42 cm dan baut tanam kuda-kuda di dalam beton minimal harus ditanam $t \geq 43$ cm menggunakan konstruksi baja mutu Bj.33 dengan tegangan $f_y=2000 \text{ kg/cm}^2$.

5.2. Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan suatu struktur atap.

1. Perpustakaan di Universitas Muara Bungo belum lengkap tentang peraturan-peraturan yang berlaku dalam menganalisa struktur atap gedung sehingga penulis kesulitan dalam mencari referensi peraturan-peraturan yang berlaku.
2. Diharapkan untuk Tugas Akhir selanjutnya dalam menganalisa struktur rangka atap gedung Rektorat Universitas Muara Bungo menggunakan *type Multi frame beam*.
3. Dalam menganalisa struktur atap gedung ada baiknya menggunakan *software* khusus dalam menganalisa struktur atap agar perhitungan yang didapatkan lebih akurat.
4. Diharapkan untuk Tugas Akhir selanjutnya dalam menganalisa struktur rangka atap hendaknya menambahkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
5. Disarankan dalam menganalisa rangka atap gedung sebaiknya menggunakan

tahapan pelaksanaan pekerjaan, antara lain:

- Melakukan *survey* dan investigasi disertai dengan tinjauan kontur lahan pada lokasi.
- Melakukan pra-perencanaan (*Plirimery design*).
- Menganalisa struktur (rangka atap bangunan).
- Buatlah gambar rencana sesuai hasil analisis struktur dalam bentuk gambar *Shop Drawing* dan *Work Shop Drawing*.

Demikian saran yang dapat penulis berikan, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Mulyadi, Rio. 2013. *Catatan Kuliah Mekanika Rekayasa*. Catatan Kuliah. Universitas Muara Bungo.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1279-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*

Badan Standarisasi Nasional. 1961. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI)*

Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1729-2002 *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*.

Oentoeng. 1999. *Konstruksi Baja*. Surabaya: Erlangga.

Kh, Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung: Nova.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Semarang: Erlangga.

Noorlaelasari, Yulliyanty. 2010. *Modul Ajar Konstruksi atap Bangunan Gedung*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Frick, H., Setiawan, P.L. 2001. *Ilmu Konstruksi Struktur*

Bangunan. Semarang:
Penerbit Kanisius.

Sucipta Andry , Annis Saggaff , Sustanto Muliawan, 2013. *Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap Dengan Menggunakan Profil Baja Ringan*. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*. Vol. 1, No. 1, Desember 2013.

Sumargo, 2009 . *Penyusunan Bahan Ajar Dalam Kurikulum Berbasis Kompetensi (Kurikulum 2007) Perancangan Struktur Baja Metode LRFD – Elemen Aksial*. Bandung. Politeknik Negeri Bandung.