

UJI SAMBUNGAN BAUT PADA SAYAP BATANG TEKAN
MENGUNAKAN PROFIL DOUBLE CANAL 'UNP'

Oleh :
Gatot Amrih Susilo
I.1107524

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2010

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk struktur bangunan. Suatu struktur Baja merupakan komponen-komponen individual yang dapat mendukung dan menyalurkan beban-beban ke seluruh struktur dengan tepat berdasarkan konfigurasi struktural serta beban-beban desain. Beban-beban yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat sebelumnya. Bahkan apabila beban-beban tersebut telah diketahui dengan baik pada salah satu lokasi sebuah struktur tertentu, distribusi bebannya dari elemen yang satu ke elemen yang lain pada keseluruhan struktur biasanya masih membutuhkan asumsi dan pendekatan. Pada penelitian ini batang tekan akan diuji untuk mengetahui kekuatan dari alat sambung yang akan dipilih, alat sambung yang akan digunakan pada penelitian ini berupa baut yang akan di pasang pada sayap profil baja double canal 'UNP'.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari penggunaan baja sebagai bahan struktur antara lain:

1. Baja mempunyai kuat tarik dan kuat desak cukup tinggi dan merata, sehingga struktur yang terbuat dari baja pada umumnya mempunyai berat sendiri yang lebih ringan jika dibandingkan dengan struktur yang terbuat dari bahan lain.
2. Baja merupakan hasil produksi pabrik dengan standar mutu yang baku, sehingga mutu baja dapat dipertanggung jawabkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Setiap struktur merupakan rangkaian bagian-bagian tunggal yang harus disambungkan satu sama lain, biasanya pada pada ujung batang dengan berbagai macam cara. Salah satunya dengan baut, dan secara khusus baut berkekuatan tinggi. Pada hakikatnya, baut berkekuatan tinggi telah menggeser kedudukan keling sebagai alat sambung bukan las. Meskipun demikian, demi lengkapnya

secara singkat dikemukakan pula penyambung-penyambung lain, termasuk keling dan baut mesin tak dfinis.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui lebih jauh mengenai sambungan baut ini, maka perlu dilakukan penelitian terhadap jenis sambungan yang digunakan. Dalam penelitian ini difokuskan pada bagaimana pengaruh kekuatan batang tekan setelah diberi sambungan berupa baut pada sayap profil baja dengan beban-beban tertentu, dan tanpa ada sambungan pada benda uji untuk mengetahui kekuatan tekan yang dihasilkan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Profil baja yang diuji yaitu Profil baja double canal 'UNP'
- b. Membandingkan kekuatan antara profi baja tanpa sambungan dengan profil baja telah disambung berupa baut yang dipasang pada sayap profil baja.
- c. Beban yang bekerja pada batang tersebut adalah gaya tekan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang didapat dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui kekuatan dari batang yang diberi *gaya tekan* dengan menggunakan sambungan baut pada sayap profil baja.
- b. Mengetahui kerusakan yang mungkin terjadi dalam penyambungan baja tersebut dengan menggunakan sambungan baut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

a. Manfaat Teoritis:

Penambahan ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil khususnya dalam perencanaan batang tekan yang menggunakan sambungan baut pada sayap profil baja double canal 'UNP'.

Dapat mengetahui pengaruh sifat mekanik profil baja canal 'UNP' berupa kuat tekan dari sambungan sayap, menggunakan baut baja.

b. Manfaat Praktis:

Mengetahui kekuatan dari batang tekan pada sambungan tersebut, serta mengetahui kerusakan yang terjadi setelah dilakukan pengujian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan. Penyambungan struktur baja dapat dilakukan dengan alat penyambung, antara lain dengan paku keling, dengan baut atau dengan las (*Charles G. Salmon dan John E. Johnson, 1991*).

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber yang sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras dan tajam untuk pisau pemotong dapat dibuat, atau apa saja dengan bentuk apapun dapat dibuat dengan pengecoran. Dari unsur besi dari berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, itulah sebabnya mengapa besi dan baja disebut bahan yang kaya dengan sifat-sifat.

2.1.1 Kekuatan dan Keuletan Baja

Penggunaan baja yang paling utama bagi baja yang telah dirol panas ditambah proses celup dingin dan ditemper, adalah untuk konstruksi baja yang memerlukan keuletan yang tinggi pada temperatur kamar atau temperatur yang lebih rendah. Karbon adalah unsur yang paling utama untuk menguatkan baja, sehingga baja harus mengandung karbon sampai kadar tertentu, tetapi kalau kadar karbon meningkat, sangat meningkatkan temperatur transisi yang diinginkan selalu rendah. Tetapi jika ditinjau dari kekuatan las, kadar karbon harus dikontrol sampai batas tertentu.

2.1.2 Keuletan dan Kekenyalan

Keliatan (*toughness*) dan kekenyalan (*resilience*) merupakan ukuran kemampuan logam untuk menyerap energi mekanis.

Kekenyalan berhubungan dengan penyerapan energi elastis suatu bahan. Kekenyalan adalah jumlah energi elastis yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan yang dibebani tarikan.

Keliatan berhubungan dengan energi total, baik elastis maupun inelastis, yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan sebelum patah.

2.1.3 Sifat Baja sebagai Material Struktur Bangunan

Penggunaan baja sebagai bahan struktur utama dimulai pada akhir abad kesembilan belas ketika metode pengolahan baja yang murah dikembangkan dengan skala yang luas. Baja merupakan bahan yang mempunyai sifat struktur yang baik. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu baja adalah elemen struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama. Berat jenis baja tinggi, tetapi perbandingan antara kekuatan terhadap beratnya juga tinggi sehingga komponen baja tersebut tidak terlalu berat jika dihubungkan dengan kapasitas muat bebannya, selama bentuk-bentuk struktur yang digunakan menjamin bahwa bahan tersebut dipergunakan secara efisien.

Baja mempunyai dua sifat pokok yaitu sifat fisis dan sifat mekanis, baja sangat berpengaruh adanya suhu, cuaca dan lingkungan. Baja tidak tahan terhadap suhu yang *extrem* baik panas atau dingin karena mempengaruhi sifat mekanis dari baja itu sendiri

Sifat Mekanis Baja

Menurut SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam

perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada Tabel 2.1. Tegangan leleh Tegangan leleh untuk perencanaan (f_y) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan Tabel 2.1. Tegangan putus Tegangan putus untuk perencanaan (f_u) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sifat-sifat mekanis lainnya, Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / \text{o C}$

Di samping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu bahan bangunan yang sangat umum dipakai dewasa ini. Beberapa keuntungan baja sebagai material struktur antara lain:

1. Kekuatan Tinggi

Dewasa ini baja bisa diproduksi dengan berbagai kekuatan yang bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan tekan lelehnya (F_y) atau oleh tegangan tarik batas (F_u). Bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah kekuatannya, tetap mempunyai perbandingan kekuatan per-volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai. Hal ini memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja bisa mempunyai beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, sehingga memberikan

kelebihan ruang dan volume yang dapat dimanfaatkan akibat langsingnya profil-profil yang dipakai.

2. Kemudahan Pemasangan

Semua bagian-bagian dari konstruksi baja bisa dipersiapkan di bengkel, sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan di lapangan ialah kegiatan pemasangan bagian-bagian konstruksi yang telah dipersiapkan. Sebagian besar dari komponen-komponen konstruksi mempunyai bentuk standar yang siap digunakan bisa diperoleh di toko-toko besi, sehingga waktu yang diperlukan untuk membuat bagian-bagian konstruksi baja yang telah ada, juga bisa dilakukan dengan mudah karena komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standar dan sifat-sifat yang tertentu, serta mudah diperoleh di mana-mana.

3. Keseragaman

Sifat-sifat baja baik sebagai bahan bangunan maupun dalam bentuk struktur dapat terkendali dengan baik sekali, sehingga para ahli dapat mengharapkan elemen-elemen dari konstruksi baja ini akan berperilaku sesuai dengan yang diperkirakan dalam perencanaan. Dengan demikian bisa dihindari terdapatnya proses pemborosan yang biasanya terjadi dalam perencanaan akibat adanya berbagai ketidakpastian

Di samping itu keuntungan-keuntungan lain dari struktur baja, antara lain adalah:

1. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
2. Dapat di las.
3. Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.
4. Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.
5. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut bahan baja juga mempunyai kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

1. Komponen-komponen struktur yang dibuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
2. Diperlukannya suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
3. Akibat kemampuannya menahan tekukan pada batang-batang yang langsing, walaupun dapat menahan gaya-gaya aksial, tetapi tidak bisa mencegah terjadinya

Beberapa keuntungan baja profil antara lain:

1. Lebih ringan
2. Kekuatan dan kakuhan yang tinggi
3. Kemudahan pabrikan dan produksi massal
4. Kecepatan dan kemudahan pendirian
5. Lebih ekonomis dalam pengangkutan dan pengelolaan

2.1.4 Alat Penyambung

Pada saat ini jenis alat penyambung yang paling umum digunakan adalah baut dan las. Jenis baut umum yang digunakan dalam aplikasi struktur adalah baut mutu tinggi (*high strenght bolts*).

Jenis-jenis Baut

1. Baut Hitam

Baut ini dibuat dari baja karbon rendah yang didefinisikan sebagai ASTM A307, dan merupakan jenis baut yang paling murah. Pemakaiannya terutama pada struktur yang ringan, batang sekunder atau pengaku, anjungan (platform), gording, rusuk dinding, rangka batang yang kecil dan lain-lain. Baut ini juga dipakai sebagai alat penyambung sementara pada sambungan

yang menggunakan baut berkekuatan tinggi. Baut hitam kadang-kadang disebut baut biasa, serta kepala dan murnya berbentuk bujur sangkar.

2. Baut Sekrup (Turned Bolt)

Untuk baut yang sudah ditinggalkan ini dibuat dengan mesin dari bahan yang berbentuk segienam dengan toleransi yang lebih kecil (sekitar 1/50 inchi) bila dibandingkan baut hitam. Jenis baut ini digunakan terutama bila sambungan memerlukan baut yang pas dengan lubang yang dibor, seperti pada bagian konstruksi paku keeling yang terletak sedemikian rupa hingga penembakan paku keeling yang baik sulit dilakukan. Sekarang baut sekrup jarang sekali digunakan pada sambungan structural, karena baut berkekuatan tinggi lebih baik dan lebih murah.

3. Baut Bersirip (Ribbed Bolt)

Baut ini terbuat dari baja A325 dan termasuk dalam golongan baut berkekuatan tinggi. Jenis baut ini bermanfaat pada sambungan tumpu dan pada sambungan yang mengalami tegangan berganti.

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Batang Tekan

Karena kekuatan batang tekan merupakan fungsi dari bentuk penampang lintangnya, pada umumnya luas penampangnya disebarkan sepraktis mungkin. Contoh-contoh batang yang mungkin akan mendapat gaya tekan aksial antara lain adalah batang penarik pada kerangka serta kolom-kolom interior dalam bangunan. Kendatipun kondisinya begitu ideal, gaya tekan aksial murni tak akan tercapai; dengan demikian, desain untuk pembebanan "aksial"berdasar asumsi bahwa efek dari suatu *bending* (lentur) yang kecil dan terjadi bersamaan diabaikan.

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 membatasi rasio antara lebar dengan ketebalan suatu elemen, dan penampang suatu komponen struktur dapat diklasifikasikan menjadi penampang kompak, tak kompak, dan langsing. Suatu penampang yang menerima beban aksial tekan murni, kekuatannya harus direduksi jika penampang tersebut termasuk penampang yang langsing. Rasio antara lebar dengan tebal suatu elemen biasanya dinitasikan dengan simbol λ . Maka kelangsingan flens dan web dapat dihitung berdasarkan rasio $b_f/2t_f$ dan h/t_w , dengan b_f dan t_f adalah lebar dan tebal dari flens, sedangkan h dan t_w adalah tinggi dan tebal dari web. Jika nilai 1 lebih besar dari suatu batas yang ditentukan, λ_r maka penampang dikategorikan sebagai penampang langsing dan sangat potensial mengalami tekuk lokal.

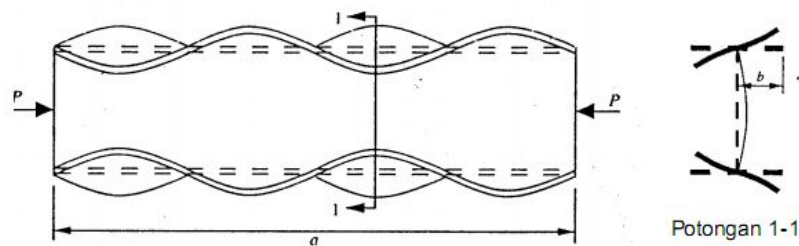
1. Tekuk pada Batang Tekan

a. Tekuk lokal pada elemen

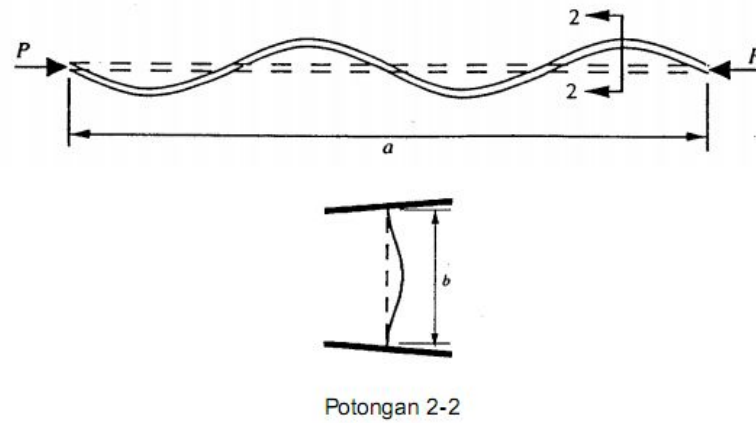
- Tekuk lokal di flens (FLB)
- Tekuk lokal di web (WLB)

b. Tekuk pada komponen struktur

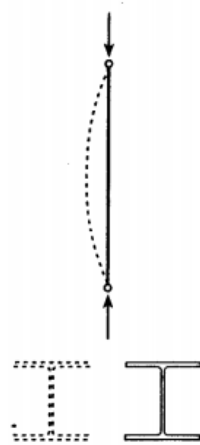
- Tekuk lentur
- Tekuk torsi
- Tekuk torsi lentur



Tekuk lokal di flens (FLB)



Tekuk lokal di web (WLB)



(a) Tekuk Lentur



(b) Tekuk Torsi



(c) Tekuk Lentur Torsi

2. Tegangan Kritis Tekuk Lentur

$$\lambda_c = \frac{k.L}{r.\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$







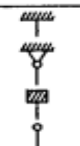




Ket : λ_c = Tegangan kritis tekuk lentur

k = Faktor panjang tekuk

L = Panjang komponen struktur tekan

F_y = Tegangan leleh material

E = Modulus elastisitas baja

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Nilai ϵ_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai ϵ_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung	 <ul style="list-style-type: none">  Jepit  Sendi  Roll tanpa putaran sudut  Ujung bebas 					

Sumber : Gambar 7.6-1 SNI 03-1729-2002)

3. Daya Dukung Nominal Komponen Struktur Tekan

$$N_n = A_g f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

untuk $0,25\lambda_c < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Ket : N_n = Daya dukung tekan nominal

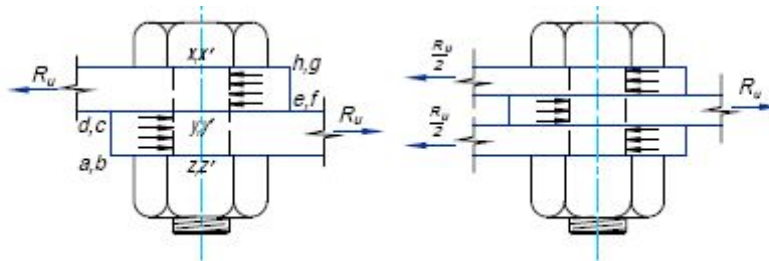
A_g = Luas penampang bruto

ω = koefisien tekuk

2.2.2 Sambungan baut



Gambar. Macam-macam Baut



Gambar Sambungan Berimpit

Gambar Sambungan Menumpu

Gambar Jenis-jenis Sambungan

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat penyambung. Salah satu alat penyambung disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keeling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibandingkan paku keeling, seperti jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar, dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi.

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang distandarkan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut A325 terbuat dari baja karbon yang memiliki kuat leleh 560 – 630 Mpa, baut A490 terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790 – 900 Mpa tergantung dari diameternya. Jenis baut pun bermacam – macam ada yang berulir penuh, ulir sebagian, dan berulir di kedua ujungnya.

1. Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor, R_u , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n$$

Dengan R_n adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ faktor reduksi yang diambil sebesar 0,85. Besarnya R_n berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

2. Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

Dimana :

$$r_l = 0,5 \text{ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser}$$

$$r_l = 0,4 \text{ untuk baut dengan ulir pada bidang geser}$$

$$f_{ub} = \text{kuat tarik baut}$$

$$A_b = \text{Luas bruto penampang baut}$$

$$m = \text{jumlah bidang geser}$$

3. Tahanan Tekan Baut

Baut yang memikul gaya tekan tahanan nominalnya dihitung menurut :

$$R_n = 0,85 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

Dimana :

$$f_{ub} = \text{kuat tarik baut (ksi)}$$

$$A_b = \text{Luas bruto penampang baut}$$

4. Tahanan Tumpu Baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

Kuat tumpu yang didapat dari perhitungan diatas berlaku untuk semua jenis lubang baut. Sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah kerja gaya berlaku persamaan berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,0 \phi_f d_b t_p f_u$$

Keterangan :

$\phi_f = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

d_b adalah faktor diameter baut nominal pada daerah tak berulir

t_p adalah tebal pelat

f_u adalah tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kuat tekan sambungan baut pada sayap, juga untuk memberikan alternatif terbaik dari tipe sambungan yang diujikan untuk mendapatkan kuat tekan maksimal.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium. Metode eksperimental laboratorium adalah suatu penelitian yang berusaha untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi terkontrol secara ketat dan dilakukan di laboratorium dengan urutan kegiatan yang sistematis dalam memperoleh data sampai data tersebut berguna sebagai dasar pembuatan keputusan atau kesimpulan.

Dalam penelitian ini terdapat dua variabel, yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat dari penelitian ini adalah nilai kuat tekan dari kolom profil baja canal 'UNP', sedangkan variabel bebasnya adalah variasi jumlah alat sambung pada sambungan baut pada sayap.

3.2. Bahan Penelitian

3.2.1. Profil Baja Double Canal 'UNP'

Profil Baja yang digunakan adalah Profil Baja Double Canal 'UNP'. Profil Baja Double Canal 'UNP' sangatlah mudah didapatkan dan relatif murah harganya dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Selain itu proses pengerjaannya dapat dilakukan dengan mudah. Profil Baja Double Canal 'UNP' yang digunakan sebagai benda uji penelitian ini Profil Kanal U (UNP 5) dengan BJ 41. Dengan panjang profil 1500mm, dan ukuran profil $h = 50\text{mm}$, $t_w = 3\text{mm}$, $t_f = 4\text{mm}$, $b = 76\text{mm}$.

3.2.2. Plat

Jenis *plat* yang digunakan adalah plat baja dengan mutu BJ41 , dengan panjang 170mm, tebal 6mm dan lebar 76mm, sehingga profil baja dapat tersambung dan terikat kuat satu dengan yang lainnya, sehingga mampu menahan gaya tekan.

3.2.3. Penyambung

Bahan penyambung yang digunakan baut dengan ukuran $\varnothing \frac{1}{2}$ in dengan mutu baja A 325.

3.3. Langkah Penyambungan

Benda uji yang telah dibuat sesuai dengan ukuran panjang dan besar yang telah direncanakan, kemudian bagian sayap sambungan profil baja diberi plat sambung dengan panjang 170mm, tebal 6mm dan lebar 76mm . Permukaan profil baja yang akan disambung dengan baut ukuran $\varnothing \frac{1}{2}$ in diberi plat baja . Baja yang telah disambung harus rapat dan lurus agar pembebanan dapat merata dan tidak mengalami kerusakan.

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu uji mekanika dengan menggunakan alat: Loading Frame, Hidraulic Jack,Tranducer, Dial Gauge, dan Universal Testing Machine (UTM)

3.4.1. Peralatan Pembuatan Benda Uji

- a. Mesin gergaji (*bar bending*), digunakan untuk memotong bahan baku sesuai dengan ukuran yang direncanakan.
- b. Meteran, digunakan untuk mengukur panjang, lebar dan tinggi bahan baku.
- c. Alat-alat kelengkapan untuk pembuatan sambungan kolom adalah: siku-siku besi, penggaris, spidol gerinda, bor mesin, dan las untuk menyambung profil.

3.4.2. Peralatan Uji Sambungan Kolom

3.4.2.1 Peralatan Pengujian untuk Kolom Sambungan

a. *Loading Frame dan Hydraulic Jack*

Loading frame digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji. Alat ini berupa portal segi empat yang terbuat dari baja dengan balok portal, dapat diatur ketinggiannya dan berdiri di atas lantai. *Loading Frame* terdapat tempat kedudukan pengujian sambungan kolom dengan tumpuan bebas-bebas.

Hydraulic jack merupakan alat yang memberikan beban pada benda uji. Kapasitas maksimal *hidraulic jack* adalah 50 ton. *Loading frame* dan *hydraulic jack* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Loading Frame dan Hydraulic Jack*

b. *Hydraulic Pump*

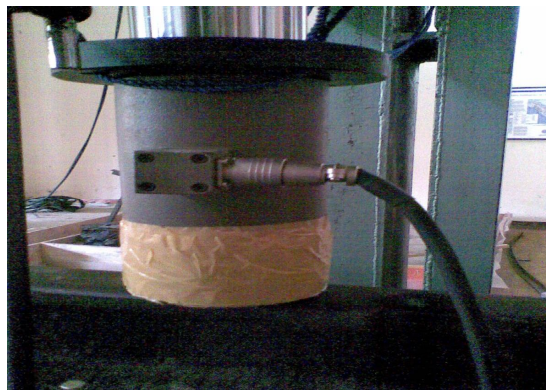
Hydraulic Pump digunakan untuk memberikan pembebanan secara bertahap pada *hydraulic jack* saat pengujian benda uji. Sistem kerja alat ini adalah dengan cara memompa untuk memberikan tekan pada *hydraulic jack*. *Hydraulic pump* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Hydraulic Pump*

c. *Load cell*

Load cell digunakan untuk mengetahui interval penambahan beban yang diberikan pada benda uji. Alat ini dihubungkan dengan *Transducer* untuk membaca penambahan beban yang terjadi. Kapasitas alat ini adalah 50 ton. *Load cell* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Load cell*

d. *Transducer*

Transducer digunakan untuk membaca secara digital data interval penambahan beban yang diterima *load cell*. Untuk mendapatkan data penambahan beban secara digital alat ini dihubungkan dengan *load cell*.

Besarnya interval penambahan beban dapat diatur sesuai kebutuhan. *Transducer* dapat dilihat pada Gambar 34



Gambar 3.4 *Transducer*

e. *Dial Gauge*

Dial Gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi. Alat ini memiliki kapasitas maksimal 20 mm dengan ketelitian 0,01 mm. *Dial gauge* dapat dilihat pada Gambar 3.5.

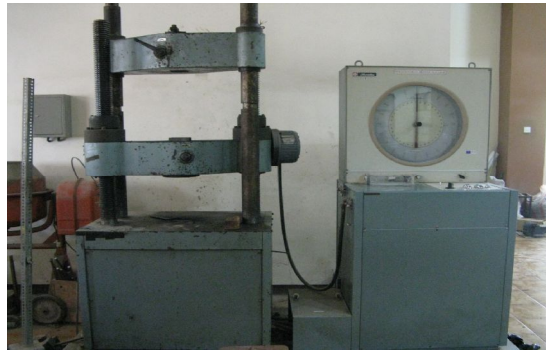


Gambar 3.5 *Dial Gauge*

f. *Univesal Testing Machine (UTM)*

Universal Testing Machine (UTM) digunakan untuk menguji kuat tarik, kuat tekan dan kuat geser benda uji. Alat ini menggunakan sistim hidrolis untuk memberikan gaya pada benda uji. Pada penelitian ini *Universal Testing*

Machine (UTM) digunakan untuk menguji kuat tarik profil baja. *Universal Testing Machine (UTM)* dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Universal Testing Machine (UTM)*

3.5. Benda Uji

3.5.1. Benda Uji Pendahuluan

Ukuran dan bentuk benda uji untuk pengujian uji pendahuluan ini adalah uji tarik profil baja canal ‘UNP’. Pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, seperti terlihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Benda Uji Pendahuluan.

Benda Uji	Panjang mm	Lebar mm	Luas mm ²
S1	20.5	3	61.5
S2	20.8	3	62.4
S3	20.4	3	61.2

3.5.2. Benda Uji Kolom Profil Baja Double Canal ‘UNP’

Benda uji yang digunakan berupa kolom profil baja dengan jumlah 6 buah, dengan klasifikasi benda uji sebagai berikut:

- a. 3 buah untuk profil kolom baja utuh tanpa sambungan.
- b. 3 buah untuk profil kolom baja yaitu dengan memasang baut pada sayap sisi samping kiri dan kanan batang baja.

Penamaan-penamaan dan kode kolom dan jumlah benda uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah benda uji kolom

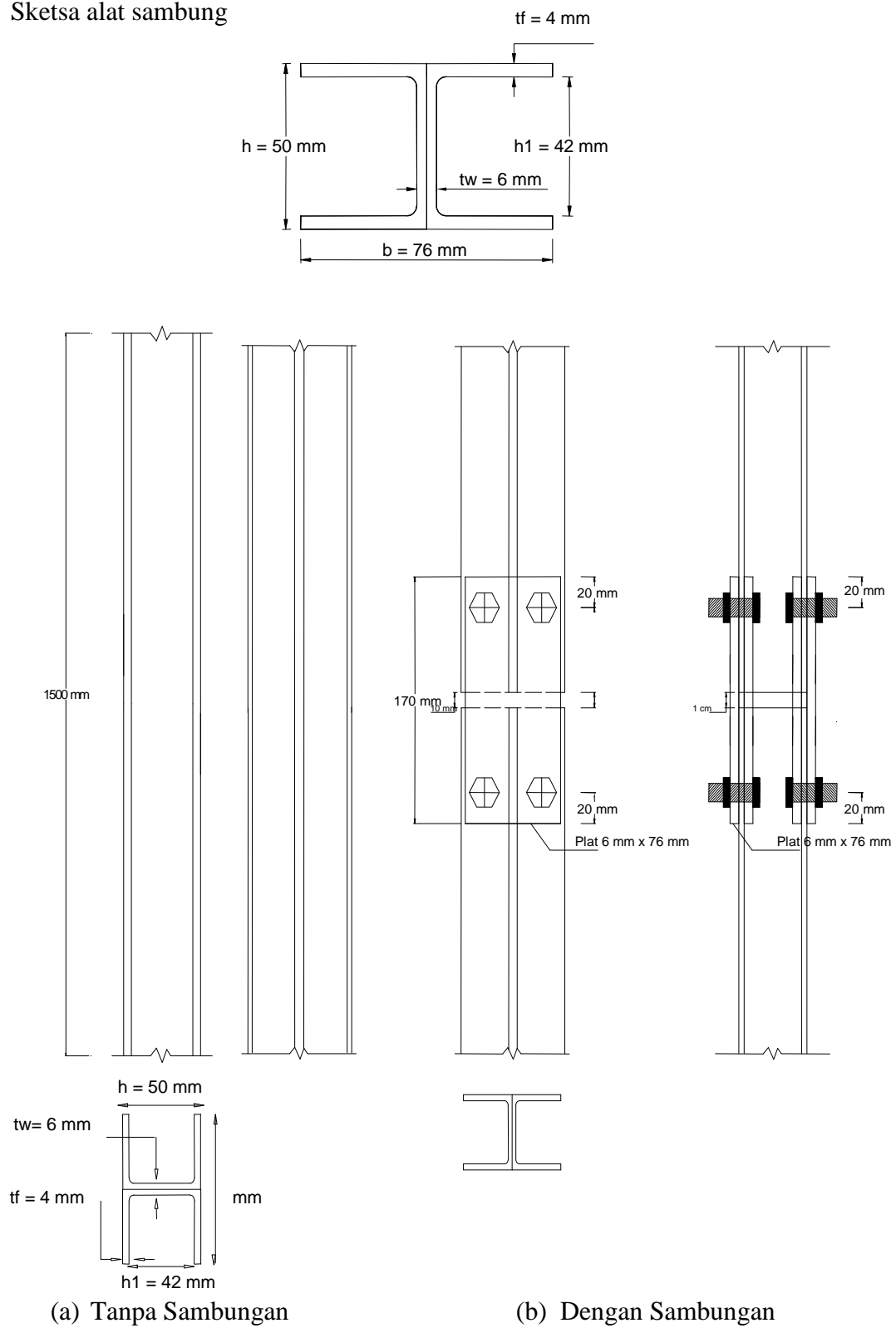
Jenis Kolom	Kode Benda Uji	Dimensi cm	Jumlah Benda Uji
Kolom tanpa sambungan	KTS	50mmx76mm	3
Kolom Dengan Sambungan baut Pada Sayap	SK	50mmx76mm	3

Keterangan :

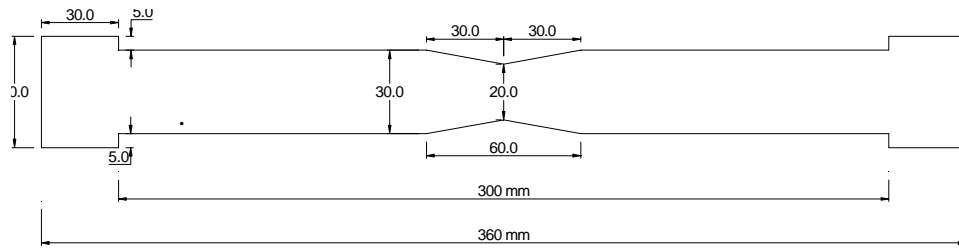
KTS : Kolom utuh tanpa sambungan

SK : Kolom dengan Sambungan baut pada sayap.

Sketsa alat sambung



Gambar 3.7 Sketsa dimensi benda uji pengujian kuat Tekan



Gambar 3.8 Sketsa Benda uji pengujian kuat tarik



a. Sebelum diuji



b. Setelah diuji

Gambar 3.9 Benda uji pengujian kuat tarik



Gambar 3.10 Pengujian Kuat Tarik

3.6 Tahapan Metodologi Penelitian

Tahapan metodologi penelitian merupakan urutan-urutan kegiatan yang dilaksanakan secara sistematis, logis dengan mempergunakan alat bantu ilmiah yang bertujuan untuk memperoleh kebenaran suatu objek permasalahan.

Secara garis besar pelaksanaan penelitian dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Tahap 1 : Tahap persiapan awal
- b. Tahap 2 : Tahap pemilihan bahan dan peralatan
- c. Tahap 3 : Tahap uji pendahuluan
- d. Tahap 4 : Tahap Analisis perhitungan jumlah baut
- e. Tahap 5 : Tahap pembuatan benda uji profil baja
- f. Tahap 6 : Tahap pengujian
- g. Tahap 7 : Tahap analisis pengujian

3.6.1 Tahap Persiapan Awal

Tahap persiapan awal adalah tahapan dimana semua bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian disiapkan terlebih dahulu, antara lain bahan, peralatan, maupun program kerjanya sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar. Peralatan yang akan digunakan diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui kelayakan alat dalam pelaksanaan penelitian.

3.6.2 Tahap Pemilihan Bahan dan Peralatan

Bahan utama penelitian ini adalah profil baja double canal UNP yang telah dipilih batang yang lurus, tidak mempunyai cacat fisik dan dengan ukuran yang telah ditentukan dan plat penyambung jenis plat baja dengan mutu BJ41, dengan dengan panjang 170mm, tebal 6mm dan lebar 76mm serta dengan baut ukuran \emptyset ½ in. Peralatan yang digunakan adalah Las listrik, gergaji, gerinda, meteran, mistar siku, obeng, serta pensil atau spidol.

3.6.3 Tahap Uji Pendahuluan

Tahap uji pendahuluan meliputi uji kuat tarik profil baja yang dilakukan di Laboratorium Bahan UNS. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan mutu profil baja yang akan digunakan sebagai benda uji.

3.6.4 Tahap Analisis Perhitungan Jumlah Baut dan Tebal Plat

Analisis perhitungan berdasarkan pada Peraturan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002). Analisis perhitungan dimulai dari menentukan data properti dari profil baja yang digunakan. Selanjutnya dilakukan cek kelangsingan penampang, perhitungan tebal plat, menghitung tahanan tekan nominal profil, menghitung tahanan geser dan tahanan tumpu baut.

3.6.5 Tahap Pembuatan Benda Uji Sambungan kolom Pada Sayap

Siapkan profil baja canal UNP kemudian profil baja dilekatkan dengan las dengan cara dilas titik pada bagian tepi sayap untuk menyatukan profil baja supaya tidak terjadi geser. Setelah itu profil baja diberikan sambungan dengan menggunakan plat baja dan baut pada bagian sayap profil baja. Permukaan profil baja pada sambungan dan ujung-ujung profil digerinda supaya memudahkan pada waktu penyambungan. Setelah permukaan dan ujung-ujung profil baja pada sambungan digerinda, kemudian profil baja diberi sambungan plat baja dan baut lalu profil dirakit atau disambung menjadi satu. Setelah itu pelat diletakan dengan posisi pelat baja berada di atas dan di bawah permukaan sayap profil baja lalu dikencangkan menggunakan baut. Untuk lebih jelasnya pada Gambar 3.11 dibawah ini :



Gambar 3.11 Gambar Benda Uji Sambungan Pada Sayap

3.6.6 Tahap Pengujian Kuat Tekan Sambungan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Loading Frame* beserta perlengkapannya untuk mengetahui adanya lentur pada kolom profil yang terjadi akibat adanya beban luar. Beban luar tersebut mengakibatkan profil mengalami deformasi dan regangan sehingga menimbulkan kerusakan profil di sekitar sambungan kolom, pada pengujian kuat tekan sambungan ini pembebanan yang dilaksanakan merupakan pembebanan bertahap. Pengujian elemen batang tekan di asumsikan menggunakan tumpuan sendi-sendi.

Pembebanan yang dilakukan merupakan pembebanan yang bertahap untuk mengetahui kuat tekan yang maksimum dari beberapa alternatif perbandingan sambungan baut pada sayap profil baja.

Tahapan pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

- a. Setting alat, meliputi:
 - 1) Menyiapkan alat-alat pengujian yang terdiri atas *dial gauge*, *load cell*, *transducer* dan *hydraulic jack*.
 - 2) Memasang benda uji profil kolom baja pada *loading frame*.
 - 3) Memasang alat-alat pengujian dengan langkah sebagai berikut:

- a) Memasang *hydraulic jack* pada *loading frame*, dipastikan stabil dan tidak bergoyang
- b) Memasang *load cell* diantara profil baja dan *hydraulic jack*, dipastikan kedudukan alat stabil.
- c) Memasang *transducer* yang sudah terpasang dengan trafo *step-down* dan dihubungkan dengan *load cell*.
- d) Memasang 2 buah *dial gauge* di tengah khususnya pada sambungan.

b. Pengujian kuat tekan

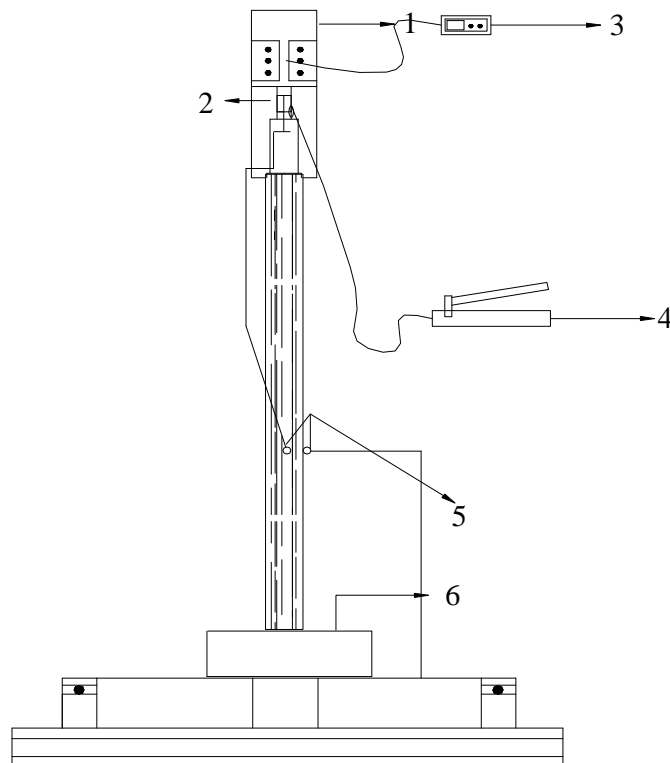
Langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Pembebanan benda uji dilakukan secara perlahan-lahan dengan *hydraulic pump*. Pembebanan diatur dengan kenaikan beban sebesar 250 kg secara teratur. Pencatatan terhadap lendutan yang terjadi dengan membaca *dial gauge* pada tiap penambahan beban.
- 2) Pencatatan beban maksimum yang mampu ditahan benda uji hingga benda uji mengalami keruntuhan dan tidak mampu menahan beban lagi.



Gambar 3.12 Gambar Benda Uji Sambungan Pada Sayap

Untuk lebih jelasnya setting alat pengujian kuat lentur balok dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.13 Setting alat pengujian kuat tekan kolom

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| 1. <i>Loading Frame</i> | 6. Perata beban |
| 2. <i>Load cell</i> | |
| 3. <i>Transducer</i> | |
| 4. <i>Hydraulic jack</i> | |
| 5. <i>Dial gauge</i> | |

3.6.7 Tahap Analisis Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian yang diperoleh kemudian dilakukan analisis data untuk mengetahui besarnya beban maksimum dan lendutan saat terjadi patah, sehingga dapat mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada setiap benda uji dan pola keruntuhannya baik yang tanpa sambungan maupun yang menggunakan sambungan baut pada sayap profil. sehingga dapat ditentukan jenis sambungan yang efektif.

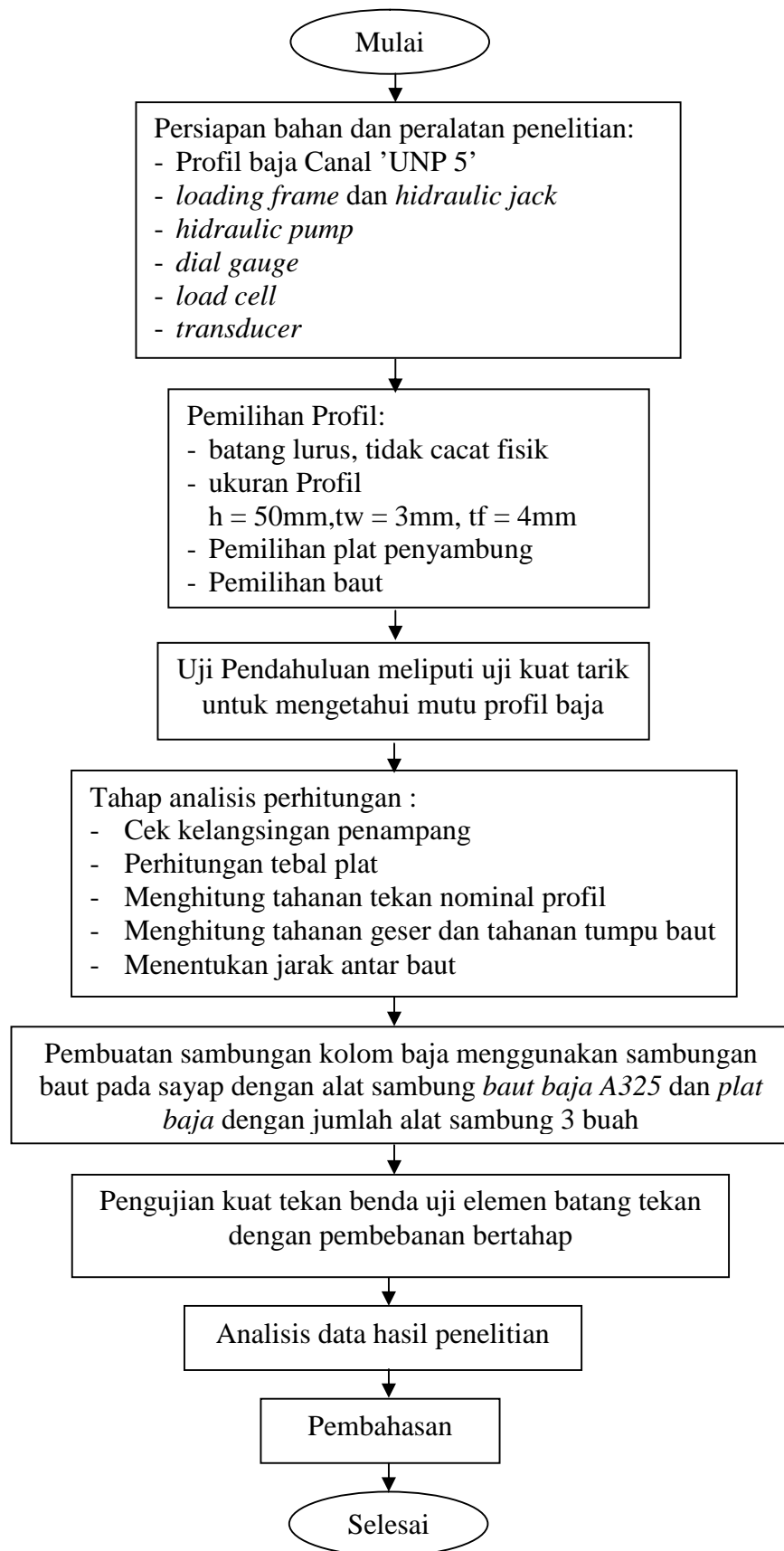
Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode yang sesuai untuk mengetahui:

1. Kuat tekan maksimum pada profil baja double canal UNP tanpa sambungan.
2. Kuat tekan maksimum pada profil baja double canal UNP dengan sambungan dan dengan jumlah benda uji 3 buah.

Setelah memperoleh beban dan lendutan kemudian dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan masing-masing benda uji sehingga dari tabel tersebut dapat diketahui alternatif penggunaan sambungan yang dapat menahan kuat tekan.

3.7 Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan penyederhanaan dari tahapan-tahapan jalannya penelitian. Dengan adanya kerangka pikir, penelitian yang dilakukan akan berjalan sesuai dengan tahapan yang direncanakan. Penjelasan kerangka pikir dapat dilihat pada tahapan-tahapan penelitian diatas. Secara garis besar bagan Kerangka Pikir tahapan metode penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3.15.



Gambar 3.14 Bagan kerangka pikir tahapan metodologi ptian

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Data Pengujian

Data hasil pengujian benda uji yang dilakukan di laboratorium, kemudian dianalisis dengan ketentuan yang disyaratkan dalam SNI Baja 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Sehingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

- a. Hasil perhitungan data pengujian kuat tarik profil baja uji pendahuluan.
- b. Hasil perhitungan analisis jumlah baut.
- c. Hasil perhitungan inersia plat.
- d. Data Pembacaan Beban dan Lendutan Arah X Tanpa Sambungan.
- e. Data Pembacaan Beban dan Lendutan Arah X Tanpa Sambungan.
- f. Data Pembacaan Beban dan Lendutan Arah X Sambungan Sayap
- g. Data Pembacaan Beban dan Lendutan Arah Y Sambungan Sayap

4.1.1 Analisis Tampang Profil

Dari hasil dari laboratorium diperoleh data pengujian kuat tarik baja sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

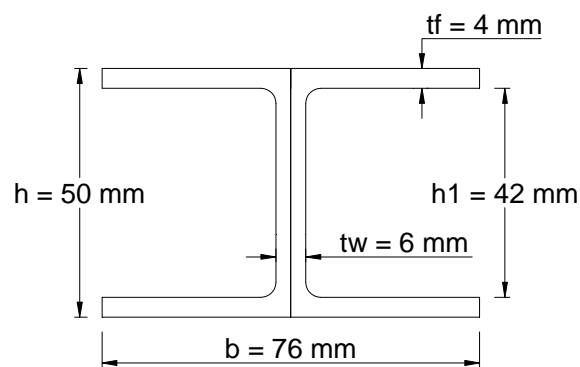
Benda Uji	Panjang mm	Lebar mm	Luas mm ²	Gaya saat leleh		Gaya saat putus		Teg. Leleh Mpa	Teg. Tarik Mpa
				kgf	N	kgf	N		
S1	20.5	3	61.5	2765	27650	3120	31200	449.59	507.32
S2	20.8	3	62.4	2760	27600	3110	31100	442.31	498.40
S3	20.4	3	61.2	2780	27800	3120	31200	454.25	509.80
Rata - rata								448.72	505.17

$$f_y = \frac{449,59+442,31+454,31}{3} = 448,72 \text{ MPa}$$

$$f_u = \frac{507,32+498,40+509,80}{3} = 505,17 \text{ MPa}$$

Dari hasil pengujian diperoleh tegangan leleh $F_y = 448,72 \text{ Mpa}$ dan tegangan tarik $F_u = 505,17 \text{ Mpa}$, sehingga termasuk profil baja dengan mutu BJ 41 dimana tegangan leleh $F_y \text{ min} = 250 \text{ Mpa}$ dan tegangan tarik $F_u \text{ min} = 410 \text{ Mpa}$

4.1.2 Analisis Benda uji



Inersia Profil

Data Profil double Kanal U 5

$$A_g = 860 \text{ mm}^2$$

$$t_w = 2 \times 3 = 6 \text{ mm}$$

$$d = h = 50 \text{ mm}$$

$$t_f = 4 \text{ mm}$$

$$b = 38 \times 2 = 76 \text{ mm}$$

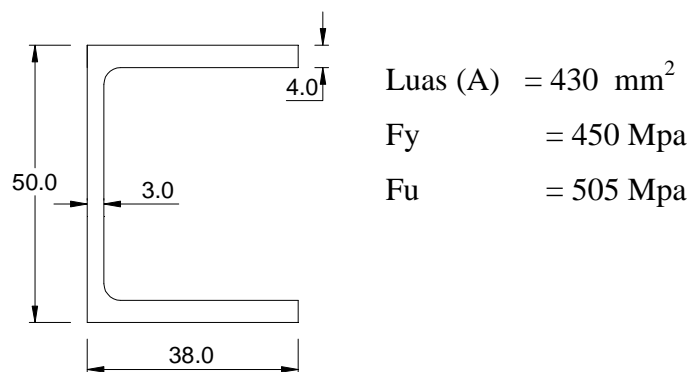
$$h_1 = 50 - 2 \times 4 = 42 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} (bxh^3 - bxh^3 + tw \cdot h_1^3) \\ &= \frac{1}{12} (76 \cdot 50^3 - 76 \cdot 42^3 + 6 \cdot 42^3) \\ &= 359486,67 \text{ mm}^2 \\ r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{359486,67}{860}} \\ &= 20,445 \text{ mm} \end{aligned}$$

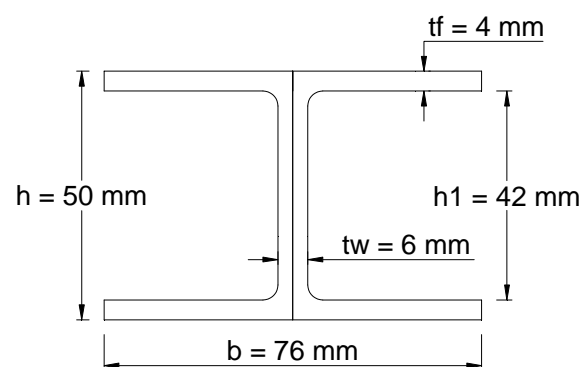
$$\begin{aligned}
 I_y &= \frac{1}{12}(bxh^3 - hxb^3 + h_1tw^3) \\
 &= \frac{1}{12}(50.76^3 - 42x76^3 + 42.6^3) \\
 &= 293406,67 \text{ mm} \\
 r_y &= \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{293406,67}{860}} \\
 &= 18,47 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Analisis perhitungan jumlah baut

Profil yang digunakan Kanal U (UNP 5) BJ 41



Batang tekan digunakan double Kanal U 5



Data Profil double Kanal U 5

$$\begin{aligned}
 A_g &= 860 \text{ mm}^2 & tw &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 d = h = 50 \text{ mm} & t_f = 4 \text{ mm} \\
 b = 76 \text{ mm} & h_1 = 42 \text{ mm} \\
 I_x = 359486,67 \text{ mm}^4 & I_y = 293406,67 \text{ mm}^4 \\
 R_x = 20,445 \text{ mm} & R_y = 18,47 \text{ mm}
 \end{array}$$

Periksa Kelangsingan Penampang

Sayap

$$\frac{bf}{2.t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{76}{2.4} \leq \frac{250}{\sqrt{450}}$$

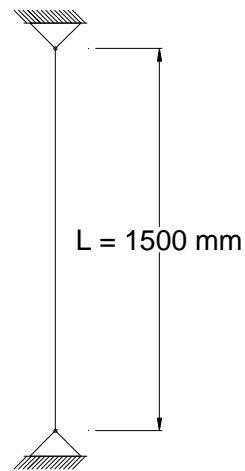
$$9,5 \leq 11,78$$

Badan

$$\frac{h_1}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{42}{6} \leq \frac{665}{\sqrt{450}}$$

$$7 \leq 31,34$$



Kondisi tumpuan sendi-sendii ($k = 1$)

Arah sumbu X

$$\lambda_c = \frac{k.L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1.1500}{20,445 \cdot \pi} \sqrt{\frac{450}{200000}} = 1,108$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,108} = 1,66$$

$$\begin{aligned}
 N_n &= A_g \cdot F_{cr} \\
 &= A_g \cdot F_y / \omega \\
 &= 860 \cdot 450 / 1,66 \\
 &= 233132,53 \text{ N} = 23,31 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Arah sumbu Y

$$\lambda_c = \frac{k.L}{r_y \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1.1500}{18,47 \cdot \pi} \sqrt{\frac{450}{200000}} = 1,22$$

$$\lambda_c \geq 1,2$$

$$\begin{aligned} \omega &= 1,25 \lambda_c^2 \\ &= 1,25 \times 1,22^2 \\ &= 1,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \cdot F_{cr} \\ &= A_g \cdot F_y / \omega \\ &= 860 \cdot 450 / 1,86 \\ &= 208064,51 \text{ N} = 20,80 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \frac{k.L_x}{r_x} = \frac{1.1500}{20,445} = 73,36$$

$$\lambda_y = \frac{k.L_y}{r_y} = \frac{1.750}{18,47} = 40,61$$

$$\lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{73,36}{\pi} \sqrt{\frac{450}{200000}} = 1,098$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega_c = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,108} = 1,66$$

$$N_n = A_g \cdot F_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega = 860 \cdot 450 / 1,66 = 233132,53 \text{ N} = 23,31 \text{ ton}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{19,5}{19,81} = 0,98 < 1$$

Perhitungan Tebal Plat

$$\text{Lebar plat} = 7,6 \text{ cm} = 76 \text{ mm}$$

$$A_{\text{plat}} \geq A_{\text{profil}}$$

$$A_{\text{profil}} = 860 \text{ mm}^2$$

$$T \text{ plat} = \frac{860}{(2 \times 76)} = 5,65 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm}$$

$$A \text{ plat} = 76 \times 6 \times 2 = 912 \text{ mm}^2$$

Digunakan baut $\varnothing \frac{1}{2}$ in (ulir tidak terpisah dari bidang geser)

$$A_b = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 0,5^2 = 0,196 \text{ in}^2 = 2,5284 \text{ mm}^2$$

Kekuatan desain dalam geser ganda (per baut) adalah :

$$\varnothing R_n = \varnothing \times 0,45 \times F_{ub} \times m \times A_b$$

$$= 0,65 \times 0,45 \times 120 \times 2 \times 0,196 = 13,76 \text{ kip} = 6,24 \text{ ton / baut}$$

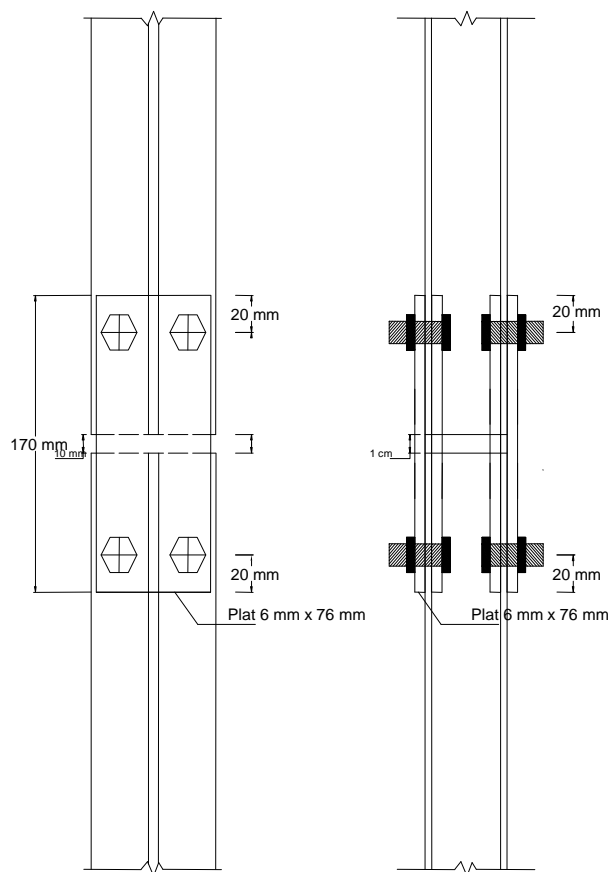
Kekuatan desain dalam tumpuan pada plat setebal $\frac{1}{4}$ " adalah :

$$\varnothing R_n = \varnothing \times (2,4 \times F_u \times d \times t)$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 60 \times 0,5 \times 0,25 = 13,5 \text{ kip} = 6,13 \text{ ton / baut}$$

$$\text{Jumlah baut (n)} = \varnothing T_n / \varnothing R_n$$

$$= 19,29 / 6,13 = 3,15 \sim 4 \text{ buah}$$



Tabel 4.2 Data Pembacaan Beban dan Defleksi Arah X Sample Tanpa sambungan

No	Beban		Lendutan Arah X 10^{-2} (mm)			Keterangan
	Pada Transducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
0	0	0	0	0	0	
1	10	250	12	11	21	
2	20	500	26	11	29	
3	30	750	33	11	34	
4	40	1000	41	11	42	
5	50	1250	49	13	42	
6	60	1500	52	16	58	
7	70	1750	56	16	65	
8	80	2000	56	22	65	
9	90	2250	56	27	76	
10	100	2500	56	27	88	
11	110	2750	61	27	93	
12	120	3000	61	27	95	
13	130	3250	61	34	100	
14	140	3500	61	34	100	
15	150	3750	61	34	100	
16	160	4000	61	34	100	
17	170	4250	63	45	102	
18	180	4500	63	45	102	
19	190	4750	63	45	102	
20	200	5000	63	45	102	
21	210	5250	63	45	105	
22	220	5500	63	45	111	
23	230	5750	65	45	119	
24	240	6000	65	46	124	
25	250	6250	65	48	125	
26	260	6500	65	48	131	
27	270	6750	65	48	140	
28	280	7000	65	53	151	
29	290	7250	65	55	158	
30	300	7500	69	55	162	
31	310	7750	69	55	166	

32	320	8000	69	55	171
----	-----	------	----	----	-----

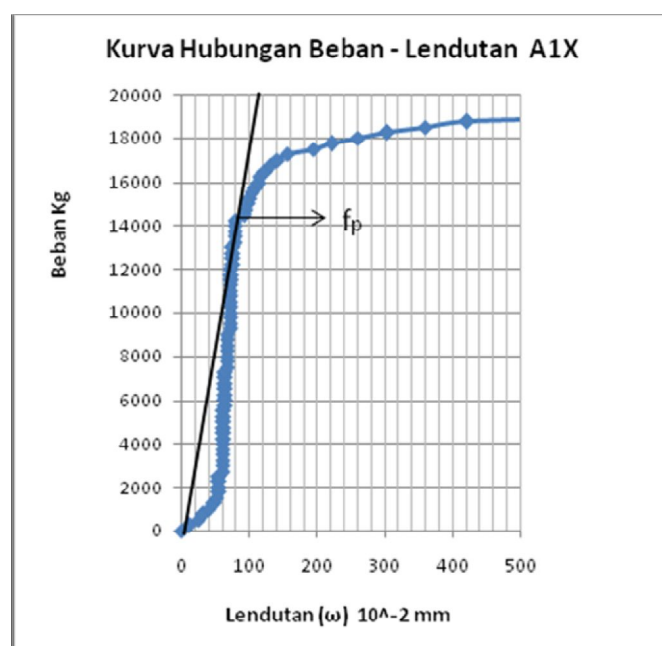
Tabel 4.2 Lanjutan

No	Beban		Lendutan Arah X 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydrolic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
33	330	8250	69	60	179	
34	340	8500	69	60	188	
35	350	8750	69	60	193	
36	360	9000	69	60	198	
37	370	9250	73	60	206	
38	380	9500	73	60	217	
39	390	9750	73	60	231	
40	400	10000	73	60	241	
41	410	10250	73	61	249	
42	420	10500	73	61	257	
43	430	10750	73	61	270	
44	440	11000	73	63	278	
45	450	11250	73	65	284	
46	460	11500	74	65	290	
47	470	11750	74	65	296	
48	480	12000	74	65	296	
49	490	12250	76	65	302	
50	500	12500	76	65	330	
51	510	12750	76	65	335	
52	520	13000	76	65	350	
53	530	13250	79	66	367	
54	540	13500	79	66	371	
55	550	13750	80	66	388	
56	560	14000	80	66	397	
57	570	14250	80	66	413	
58	580	14500	93	66	424	
59	590	14750	96	66	443	
60	600	15000	99	66	468	
61	610	15250	101	67	493	
62	620	15500	104	76	510	
63	630	15750	110	84	538	

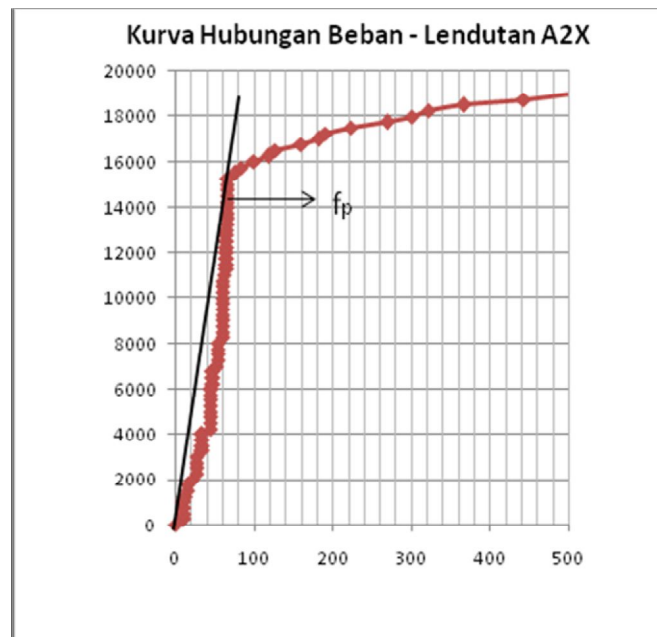
64	640	16000	115	100	560	
65	650	16250	116	118	620	
66	660	16500	124	127	680	

Tabel 4.2 Lanjutan

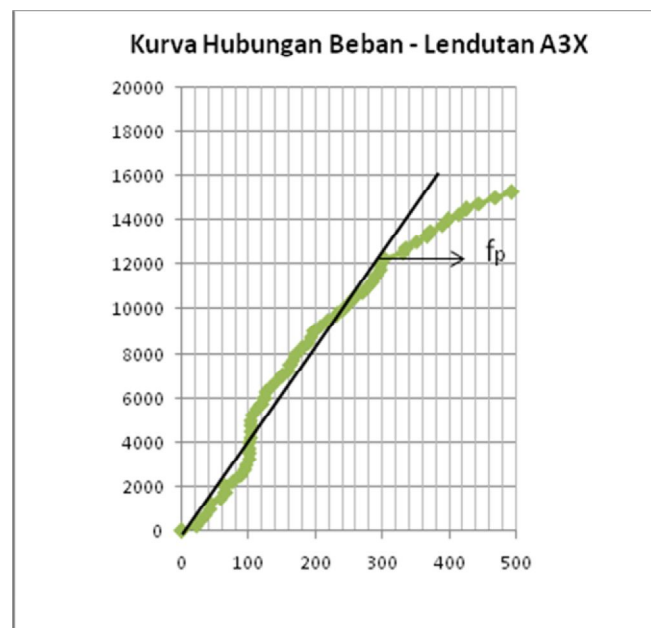
No	Beban		Lendutan Arah X 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Transducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
67	670	16750	131	160	720	
68	680	17000	142	183	790	
69	690	17250	157	191	885	Batas Max 3
70	700	17500	195	223		
71	710	17750	222	269		
72	720	18000	262	301		
73	730	18250	305	322		
74	740	18500	360	366		
75	750	18750	422	443		
76	760	19000	680	503		Batas Max 1
77	770	19250		553		
78	780	19500		673		Batas Max 2



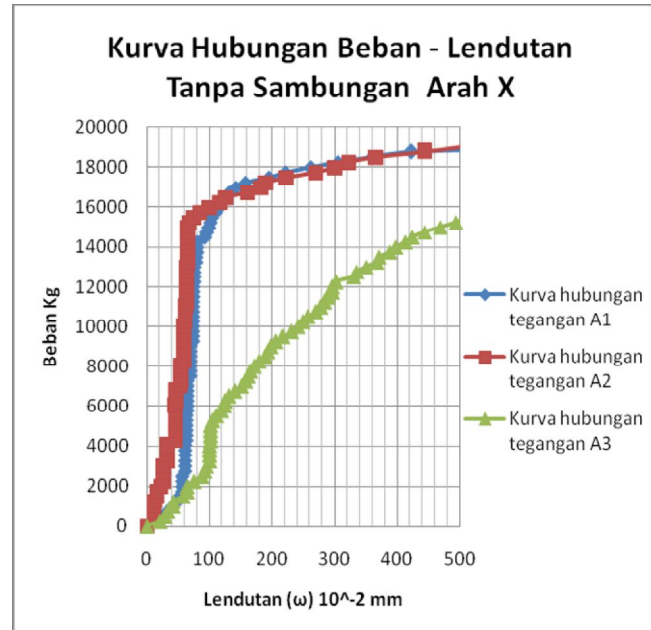
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 1arah X



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 2 arah X.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 3 arah X



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan X

Tabel 4.3 Data Pembacaan Beban dan Defleksi Arah Y Sample Tanpa sambungan

No	Beban		Lendutan Arah Y 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
0	0	0	0	0	0	
1	10	250	2	39	2	
2	20	500	5	39	3	
3	30	750	10	40	6	
4	40	1000	15	42	8	
5	50	1250	18	42	8	
6	60	1500	25	45	9	
7	70	1750	28	50	10	
8	80	2000	30	52	12	
9	90	2250	30	58	12	
10	100	2500	34	60	13	
11	110	2750	40	60	13	

12	120	3000	40	64	14	
13	130	3250	40	65	15	
14	140	3500	44	67	15	

Tabel 4.3 Lanjutan

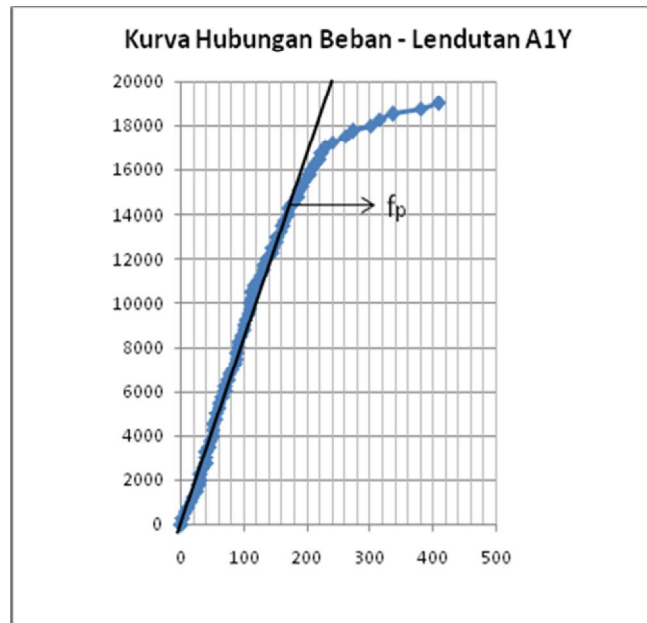
No	Beban		Lendutan Arah X 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydrolic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
15	150	3750	45	70	15	
16	160	4000	50	70	15	
17	170	4250	50	72	15	
18	180	4500	50	73	15	
19	190	4750	55	73	15	
20	200	5000	56	74	15	
21	210	5250	60	75	15	
22	220	5500	60	76	15	
23	230	5750	65	77	15	
24	240	6000	70	78	15	
25	250	6250	70	79	15	
26	260	6500	75	80	15	
27	270	6750	76	82	15	
28	280	7000	80	85	15	
29	290	7250	85	85	15	
30	300	7500	88	88	15	
31	310	7750	89	88	15	
32	320	8000	90	89	15	
33	330	8250	90	89	15	
34	340	8500	95	90	15	
35	350	8750	100	90	15	
36	360	9000	100	90	15	
37	370	9250	102	92	15	
38	380	9500	106	92	15	
39	390	9750	108	94	20	
40	400	10000	110	95	22	
41	410	10250	111	95	22	
42	420	10500	112	99	22	
43	430	10750	117	104	25	
44	440	11000	120	108	28	

45	450	11250	125	109	28	
46	460	11500	130	112	30	
47	470	11750	130	114	32	
48	480	12000	135	119	35	

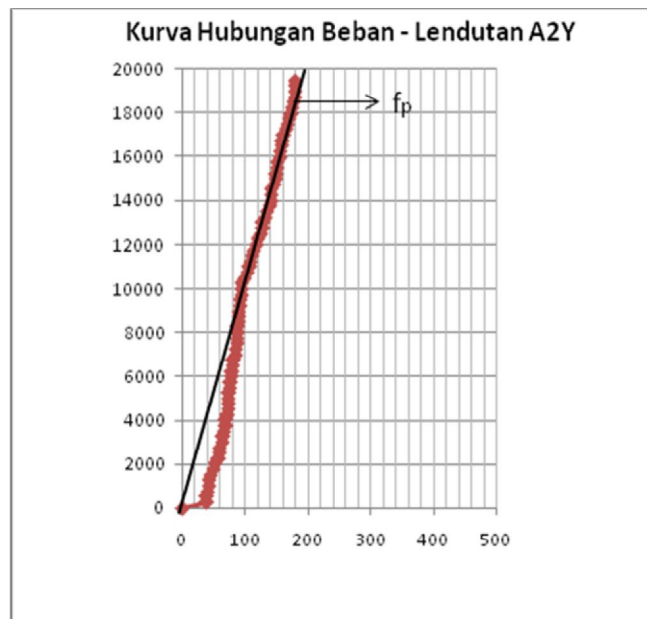
Tabel 4.3 Lanjutan

No	Beban		Lendutan Arah X 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydrolic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
49	490	12250	143	120	38	
50	500	12500	145	125	40	
51	510	12750	150	129	42	
52	520	13000	152	129	45	
53	530	13250	158	133	48	
54	540	13500	161	135	51	
55	550	13750	162	139	55	
56	560	14000	169	142	59	
57	570	14250	170	142	59	
58	580	14500	178	142	60	
59	590	14750	185	147	62	
60	600	15000	186	149	63	
61	610	15250	192	150	64	
62	620	15500	195	152	68	
63	630	15750	203	152	70	
64	640	16000	205	156	75	
65	650	16250	211	156	77	
66	660	16500	218	159	79	
67	670	16750	222	160	79	
68	680	17000	228	162	79	
69	690	17250	239	166	79	Batas Max 3
70	700	17500	260	168		
71	710	17750	272	170		
72	720	18000	300	174		
73	730	18250	315	175		
74	740	18500	335	178		
75	750	18750	380	179		
76	760	19000	408	179		Batas Max 1
77	770	19250		179		

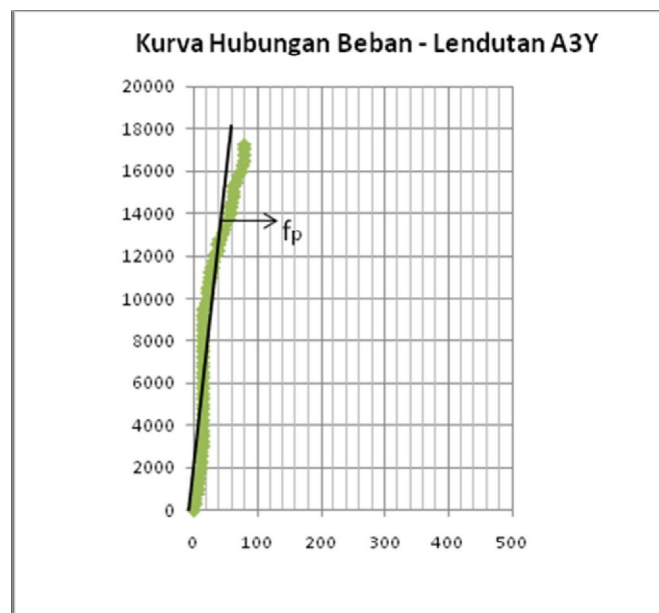
78	780	19500	179	Batas Max 2
----	-----	-------	-----	-------------



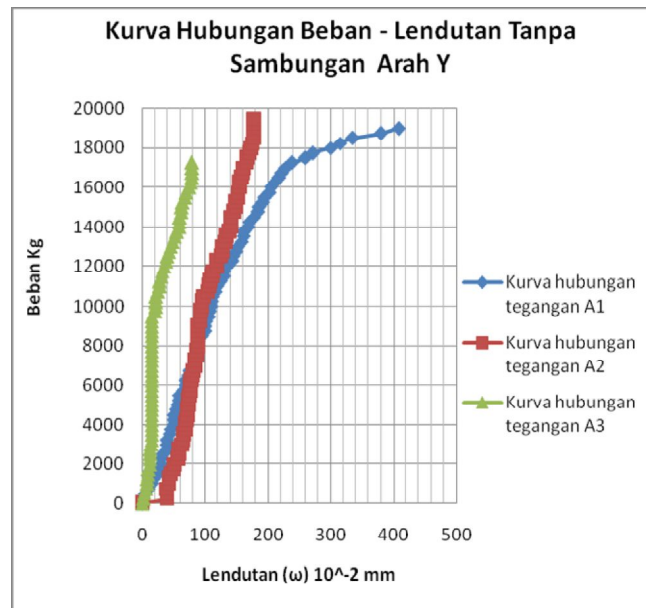
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 1 arah Y



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 2 arah Y



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan 3 arah Y



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Tanpa Sambungan arah Y

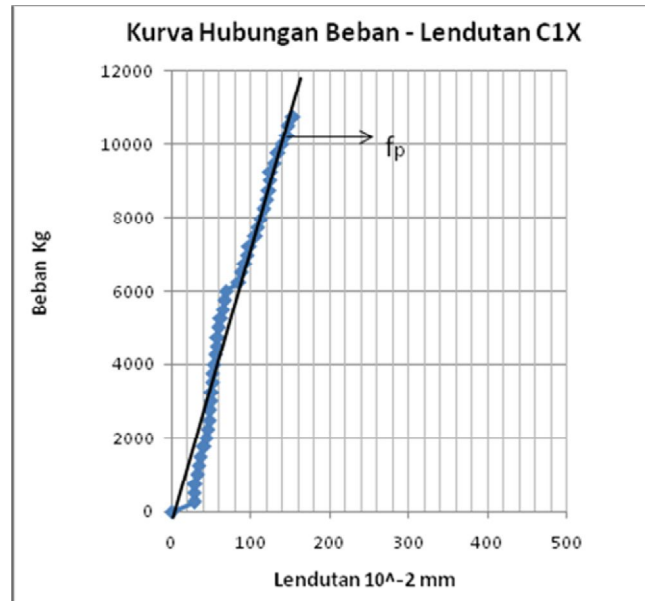
Tabel 4.4 Data Pembacaan Beban dan Defleksi Arah X Sambungan Sayap

No	Beban		Lendutan Arah X 10^{-2} (mm)			Keterangan
	Pada Transducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			C1	C2	C3	
0	0	0	0	0	0	
1	10	250	29	12	14	
2	20	500	29	23	51	
3	30	750	30	28.5	104	
4	40	1000	33	28.5	105	
5	50	1250	35	33	134	
6	60	1500	37	36	146.5	
7	70	1750	41	39	153	
8	80	2000	44	39	158	
9	90	2250	46	41	159	
10	100	2500	48	59	160.5	
11	110	2750	48	68	174	
12	120	3000	50	72	185	
13	130	3250	51	82	187.5	

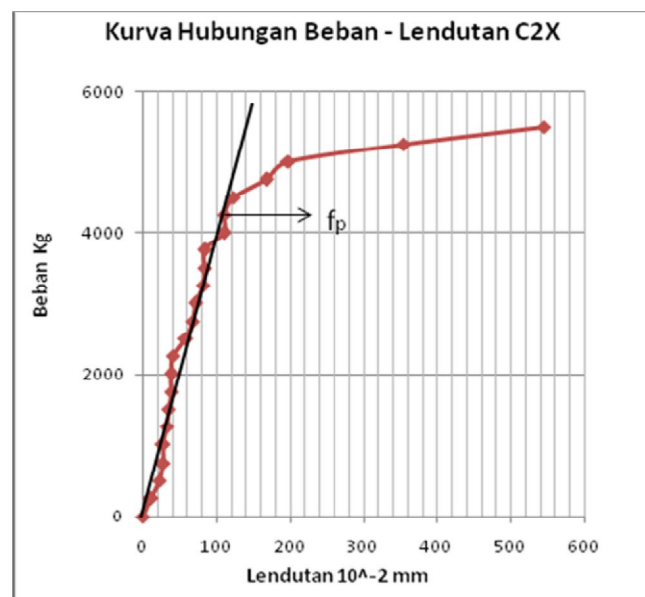
14	140	3500	52	85	193	
15	150	3750	52	85	202	
16	160	4000	54	111	206.5	
17	170	4250	56	111	255	
18	180	4500	58	123	278.5	
19	190	4750	58.5	168	281	
20	200	5000	59	198	283.5	
21	210	5250	62	355	370	
22	220	5500	65.5	544	435	Batas Max 2
23	230	5750	67		459	
24	240	6000	69.5		469.5	
25	250	6250	85		482	
26	260	6500	88		491	
27	270	6750	93		504	
28	280	7000	95		509	
29	290	7250	98.5		512.5	
30	300	7500	106		515	
31	310	7750	108.5		517.5	
32	320	8000	113		517.5	Batas Max 3
33	330	8250	117			

Tabel 4.4 Lanjutan

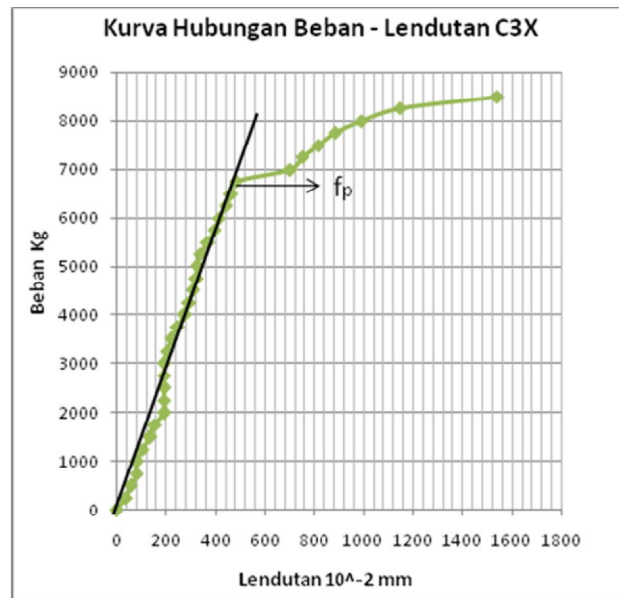
No	Beban		Lendutan Arah X 10 ⁻² (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydrolic Jack (Kg)	Benda Uji			
			C1	C2	C3	
34	340	8500	120			
35	350	8750	123			
36	360	9000	124.5			
37	370	9250	125			
38	380	9500	130			
39	390	9750	135			
40	400	10000	139			
41	410	10250	146			
42	420	10500	147.5			
43	430	10750	154			Batas Max 1



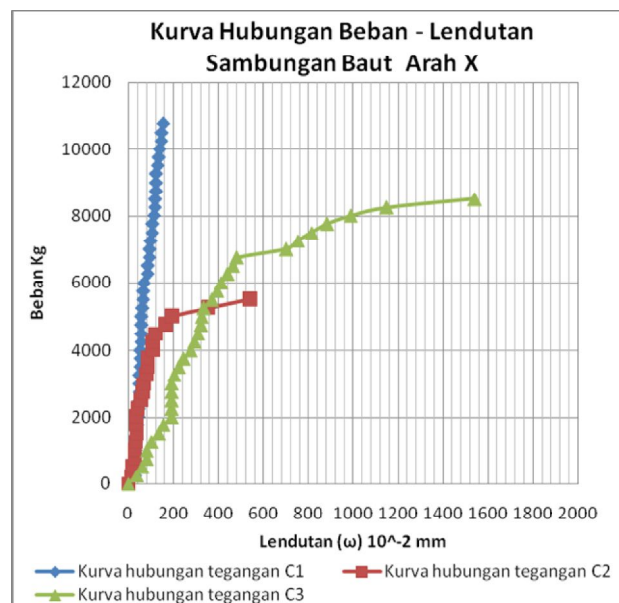
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 1 arah X



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 2 arah X



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 2 arah X



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan arah X

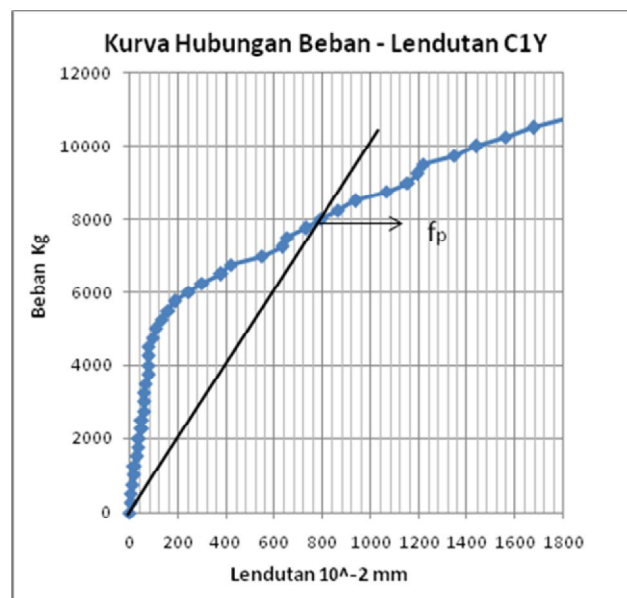
Tabel 4.5 Data Pembacaan Beban dan Defleksi Arah Y Sambungan Sayap

No	Beban		Lendutan Arah Y 10^{-2} (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			C1	C2	C3	
0	0	0	0	0	0	
1	10	250	5	22	6	
2	20	500	7	25	18	
3	30	750	12	28	20	
4	40	1000	18	30	28	
5	50	1250	20	33	35	
6	60	1500	30	33	47	
7	70	1750	35	35	52	
8	80	2000	38	35	59	
9	90	2250	50	37	65	
10	100	2500	50	104	68	
11	110	2750	59	107	110	
12	120	3000	60	113	315	
13	130	3250	60	114	373	
14	140	3500	65	114	400	

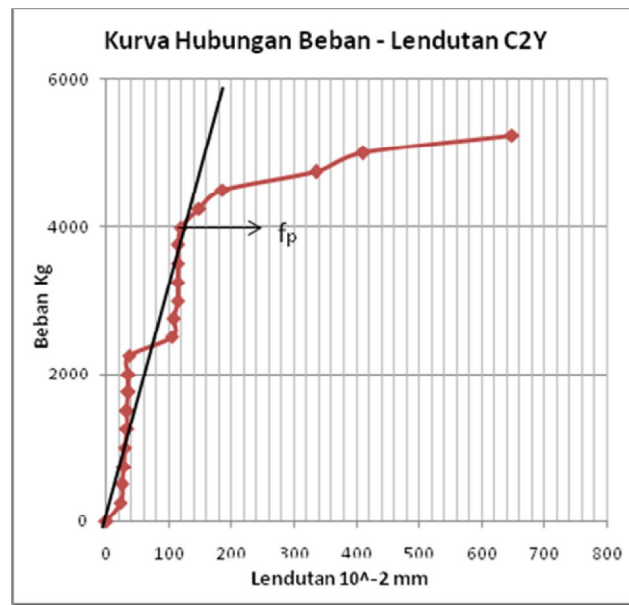
Tabel 4.5 Lanjutan

No	Beban		Lendutan Arah X 10^{-2} (mm)			Keterangan
	Pada Tranducer	Pada Hydraulic Jack (Kg)	Benda Uji			
			A1	A2	A3	
15	150	3750	78	114	416	
16	160	4000	78	119	450	
17	170	4250	78	148	498	
18	180	4500	78	185	600	
19	190	4750	98	334	710	
20	200	5000	110	411	735	
21	210	5250	132	648	759	Batas Max2
22	220	5500	160		798	
23	230	5750	190		815	
24	240	6000	245		836	
25	250	6250	300		850	
26	260	6500	380		867	

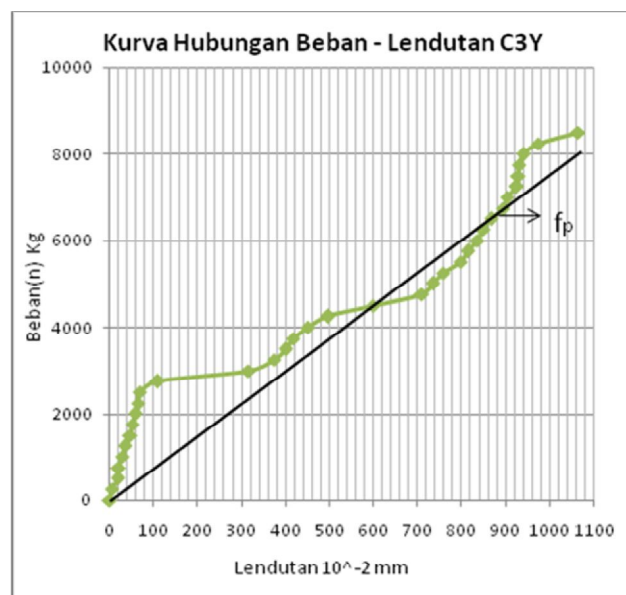
27	270	6750	420		895	
28	280	7000	548		905	
29	290	7250	632		926	
30	300	7500	652		929	
31	310	7750	730		930	
32	320	8000	795		942	
33	330	8250	865		974	
34	340	8500	940		1065	Batas Max 3
35	350	8750	1066			
36	360	9000	1154			
37	370	9250	1196			
38	380	9500	1220			
39	390	9750	1348			
40	400	10000	1442			
41	410	10250	1560			
42	420	10500	1675			
43	430	10750	1811			Batas Max 1



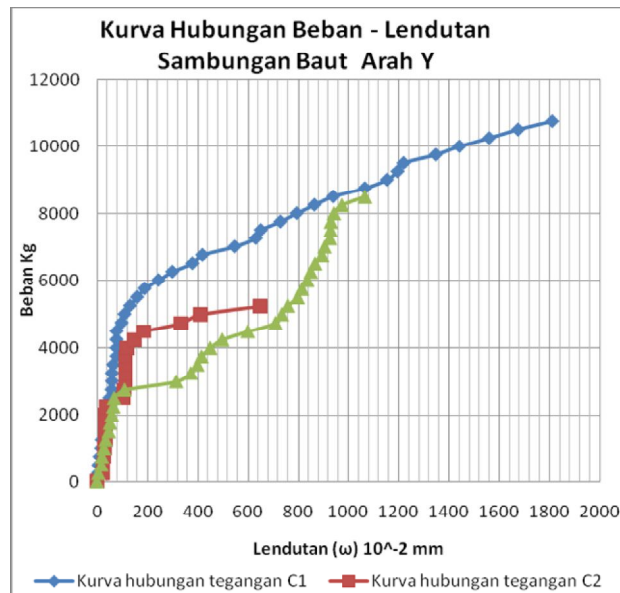
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 1 arah Y



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 2 arah Y



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan 3 arah Y



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Kolom Sambungan arah Y

4.1.3 Analisis Perbandingan Kekuatan

Kekuatan max kolom tanpa sambungan dari hasil uji LAB:

Sample 1 = $P_1 = 19000$ kg

Sample 2 = $P_2 = 19500$ kg

Sample 3 = $P_3 = 17250$ kg

$$Pr = \frac{19000+19500+17250}{3} = 18683,33 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan uji pendahuluan didapatkan nilai $f_y = 448,72$ MPa dan $f_u = 505,17$ MPa. Sehingga profil baja tersebut termasuk dalam jenis BJ 41, dimana $f_y = 250$ MPa dan $f_u = 410$ MPa

Kekuatan kolom tanpa sambungan hasil analisis:

$$P = A \cdot F_{cr}$$

$$F_{pfof} = 7,1 \text{ cm}^2 = 710 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} \rightarrow \lambda_c \rightarrow \frac{k.L}{r}$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \times I_x \\ &= 2 \times 26,4 \\ &= 52,8 \text{ cm}^4 = 528000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{528000}{710}} \\ &= 27,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{k.L}{r} = \frac{1 \times 1500}{27,27} = 55,005$$

$$\lambda_c = \frac{k.L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1.1500}{27,27 \cdot \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,566 > 0,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,566} = 1,17$$

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{250}{1,17} = 213,67$$

$$\begin{aligned} P &= A \cdot F_{cr} \\ &= A \cdot F_y / \omega \\ &= 710 \cdot 250 / 213,67 \\ &= 151705,7 \text{ N} = 15170,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= 2 \cdot I_y + 2 \cdot F_{prof} \cdot e^2 \\ &= 2 \cdot 9,1 + 2 \cdot 710 \cdot 13,7^2 \\ &= 266538 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{266538}{710}} \\ &= 19,37 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{k.L}{r} = \frac{1 \times 1500}{19,37} = 77,44$$

$$\lambda_c = \frac{k.L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1.1500}{19,37 \cdot \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,863 > 0,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,863} = 1,399$$

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{250}{1,399} = 178,69$$

$$\begin{aligned} P &= A \cdot F_{cr} \\ &= A \cdot F_y / \omega \\ &= 710 \cdot 250 / 1,399 \\ &= 126869,9 \text{ N} = 12686,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan kolom pada saat disambung pada bagian sayap dari hasil LAB:

Sample 1 = $P_1 = 10750 \text{ kg}$ → kerusakan yang terjadi pada bagian plat penyambung

Sample 2 = $P_2 = 5500 \text{ kg}$ → kerusakan yang terjadi pada bagian plat penyambung

Sample 3 = $P_3 = 8000 \text{ kg}$ → kerusakan yang terjadi pada bagian plat penyambung

$$P_r = \frac{10750 + 5500 + 8000}{3} = 8083,33 \text{ kg}$$

Analisi plat penyambung

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} (bxh^3) 2 + \frac{1}{12} (bxh^3) 4 + bxhx \frac{h^2}{2} x 2 + bxhx 15^2 x 4 \\ &= \frac{1}{12} (76x6^3) 2 + \frac{1}{12} (32x6^3) 4 + 76x6x31^2 x 2 + 35x6x15^2 x 4 \\ &= 1070451,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1070451,84}{912}} = 34,26$$

$$\frac{k \cdot L}{r} = \frac{1 \times 1500}{34,26} = 43,78$$

$$\lambda_c = \frac{k \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1.1500}{34,26 \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,49 > 0,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,49} = 1,818$$

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{250}{1,818} = 137,51$$

$$\begin{aligned}
 P &= A \cdot F_{cr} \\
 &= A \cdot F_y / \omega \\
 &= 912 \cdot 250 / 1,818 \\
 &= 125.412,54 \text{ N} = 12.541,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kuat Tekan

Profil Canal UNP5 mempunyai harga $I_x = 359486,67 \text{ mm}^4$, $I_y = 293406,67 \text{ mm}^4$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan kolom tanpa sambungan sebesar 19000 kg untuk sample 1, 19500 kg untuk sample 2 dan 17250 kg untuk sample 3, sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 18583,33 kg.

Sedangkan nilai kuat tekan kolom dengan menggunakan sambungan pada bagian sayap sebesar 10750 kg untuk sample 1, 5500 kg untuk sample 2 dan 8000 kg untuk sample 3. sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 8083,33 kg.

Dari hasil analisis yang dilakukan pada profil canal UNP5 tanpa sambungan mempunyai nilai $P = 12686,99 \text{ kg}$.

Dari hasil analisis yang dilakukan pada profil canal UNP5 dengan sambungan mempunyai nilai $P = 12541,25 \text{ kg}$.

Dari hasil analisis didapatkan $P_{\text{analisis}} = 12541,25 \text{ kg}$ dan $P_{\text{lab}} = 8083,33 \text{ kg}$, jadi $P_{\text{analisis}} > P_{\text{lab}}$. Dengan adanya tekuk pada sambungan, dikarenakan baut penyambung hanya dipasang satu buah (1 baris) dan satu kolom sambungan. Maka sambungan tersebut merupakan sendi-sendi. Untuk menjadikan kaku, maka perlu adanya penambahan jumlah baut atau minimal menjadi 2 baris. Selain tersebut diatas ini terjadi karena pengaruh pemotongan, pemberian lubang, proses pemasangan baut, sehingga akan mempengaruhi kekuatan sambungan. Jika

dibandingkan dari benda uji kolom, maka profil utuh memiliki kuat tekan paling tinggi dibanding dengan profil yang telah disambung dengan baut. Hal ini disebabkan karena profil baja tanpa sambungan tidak mengalami perubahan bentuk tampang, berupa pengaruh. Sehingga mampu menahan gaya tekan yang terjadi, tidak seperti pada profil yang disambungan tersebut, kerusakan yang terjadi pada proses pengujian adalah pada bagian plat penyambung. Hal ini disebabkan karena pada saat pengujian sambungan, kolom profil mengalami perubahan setelah mendapatkan beban, sehingga terjadi kerusakan struktur dengan beban konstan. Pada perhitungan analisis tekuk terjadi di daerah elastis.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik sifat mekanik profil baja canal UNP adalah sebagai berikut:
 - a. Dari hasil pengujian diperoleh tegangan leleh $F_y = 448,72$ Mpa dan tegangan tarik $F_u = 505,17$ Mpa, sehingga termasuk profil baja dengan mutu BJ 41 dimana tegangan leleh $F_y \text{ min} = 250$ Mpa dan tegangan tarik $F_u \text{ min} = 410$ Mpa
 - b. Nilai kuat tekan kolom profil tanpa sambungan variasi 1, 2, dan 3 secara berturut-turut adalah 19000 kg, 19500 kg, 17250 kg. sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 18583,33 kg, sedangkan dari hasil analisis yang dilakukan pada profil canal UNP5 tanpa sambungan mempunyai nilai $P = 12686,99$ kg. Sehingga mengalami kenaikan sebesar 31,73%.
 - c. Nilai kuat tekan kolom profil dengan sambungan variasi 1, 2, dan 3 secara berturut-turut adalah 10750 kg, 5500 kg, 8000 kg. sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 8083,33 kg, sedangkan Dari hasil analisis yang dilakukan pada profil canal UNP5 dengan sambungan mempunyai nilai $P = 12541,25$ kg. Sehingga mengalami penurunan kekuatan sebesar 35,55%.
 - d. Jika dibandingkan kekuatannya, maka profil utuh memiliki kuat tekan paling tinggi dibanding dengan profil yang telah disambung dengan baut, dari perhitungan analisis didapat $P_{\text{analisis}} > P_{\text{lab}}$, hal ini terjadi karena pengaruh pemotongan, pemberian lubang yang akan mengurangi luas penampang profil, proses pemasangan dan pengencangan baut, sehingga akan mempengaruhi kekuatan sambungan. Kerusakan yang terjadi pada saat pengujian adalah pada bagian plat penyambung.

5.2 Saran

Beberapa saran yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan yang mungkin dapat bermanfaat, antara lain:

1. Perlu dikembangkan variasi dan jenis sambungan kolom baja agar mampu meningkatkan kekuatan sambungan kolom sehingga bisa mendekati kekuatan dari kolom tanpa sambungan.
2. Perlu ditingkatkan ketelitian dan keahlian pekerja dalam pembuatan benda uji agar permukaan sambungan betul-betul rata tanpa celah agar tidak mengurangi kekuatan sambungan.
3. Sebaiknya dalam pembacaan *dial gauge* dilakukan dengan cermat agar terhindar dari kesalahan pembacaan.